



TUGAS AKHIR - RF141501

PEMODELAN DATA SEISMIK LINGKUNGAN VULKANIK

MUHAMMAD GHAZALLI
NRP 3712100012

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002

Firman Syaifuddin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

SEISMIC DATA MODELLING IN VOLCANIC ENVIRONMENT

MUHAMMAD GHAZALLI
NRP 3712100012

Supervisors
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002

Firman Syaifuddin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001

JURUSAN TEKNIK GEOFIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN DATA SEISMİK LINGKUNGAN VULKANIK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 27 Juli 2016

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1, Dosen Pembimbing 2,



Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002

Ernan Syaifuddin, S.Si, MT
NIP 19840911 201404 1001

Mengetahui:

Kepala Laboratorium
Geofisika Teknik dan
Lingkungan

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the Head of the Geophysics, Engineering, and Environment Laboratory.

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP 19591010 198803 1002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Pemodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik”** adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 27 Juli 2016



Muhammad Ghazalli

NRP. 3712100012

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN DATA SEISMIK LINGKUNGAN VULKANIK

Nama Mahasiswa : Muhammad Ghazalli
NRP : 3712100012
Jurusan : Teknik Geofisika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
: Firman Syaifuddin, S.Si, MT

ABSTRAK

Eksplorasi hidrokarbon saat ini mengharuskan geosaintis untuk mencari area baru yang sebelumnya dianggap tidak menghasilkan hidrokarbon. Dengan ditemukannya rembesan minyak pada daerah vulkanik mengindikasikan adanya *petroleum play* aktif yang memiliki cadangan hidrokarbon. Ketidakmampuan gelombang seismik untuk menggambarkan bawah permukaan pada daerah vulkanik menjadikan dibutuhkan pemodelan seismik. Pemodelan seismik akan memodelkan atau merekonstruksikan penjaralan gelombang seismik pada model geologi yang telah ditentukan, pada kasus ini model geologi yang digunakan adalah model geologi pada lingkungan vulkanik. Penelitian ini menggunakan 2 model, yang pertama adalah model “Kue Lapis” dan yang kedua adalah model “Serayu” yang merupakan model kompleks dari cekungan North Serayu di Jawa tengah. Kedua model tersebut memiliki lapisan basalt dengan tebal 200 meter yang menutupi lapisan bawahnya yang menjadi target karena menyimpan cadangan hidrokarbon. Dari hasil pemodelan dapat dilihat fenomena gelombang ketika merambat melalui lingkungan vulkanik. Data hasil pemodelan kemudian direkonstruksikan ulang dengan menggunakan pengolahan data seismik menggunakan alur pengolahan seismik konvensional mulai dari geometri hingga migrasi. Hasil olahan tersebut akan dibandingkan dengan model yang telah dibuat dan dilakukan analisa. Diharapkan bahwa dibutuhkan desain akuisisi yang khusus untuk lingkungan vulkanik karena keterbatasan gelombang untuk melakukan penetrasi pada lapisan tipis dan memiliki kontras kecepatan yang besar lalu pengaruh koreksi statik yang sangat mempengaruhi data dikarenakan elevasi topografi dan kemudian ditemukan fenomena *multiple* ketika gelombang melewati lapisan basalt dan berkurangnya resolusi seismik ketika melewati lapisan basalt dikarenakan gelombang cenderung diteruskan mengikuti hukum Fermat.

Kata Kunci: Pemodelan Seismik, Lingkungan Vulkanik, Pengolahan data Seismik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

SEISMIC DATA MODELLING IN VOLCANIC ENVIRONMENT

Student Name : Muhammad Ghazalli
Student ID Number : 3712100012
Departement : Teknik Geofisika FTSP-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
: Firman Syaifuddin, S.Si, MT

ABSTRACT

Exploration hydrocarbon now requires geoscientist to find new territories formerly regarded not producing hydrocarbon. By the invention of oil seepage on volcanic regions indicates there is active petroleum play who has reserves of hydrocarbons beneath. Inability waves seismic to describe and give good image under the surface at volcanic regions made it is necessary to seismic modeling. This method will be modeling or reconstructing seismic waves propagation on the model of geology that has been specified, in this case, geology model to used is a geological model at the volcanic environment. This research using 2 model, the first is a model 'Kue Lapis' and the second is a model 'Serayu' that is the complex model of the North Serayu basin in Central Java. Both the model had the basalt with thick 200 meters that cover the lining of targeted who have hydrocarbon reserve. From the modeling could be seen the phenomenon of the seismic wave when spread through layers of volcanic. Synthetic data from modeling then reconstruct using seismic processing with conventional seismic processing from geometry to migration. After that, the processing result will be compared with the model that have been made and do the analysis. From the result we could see that it takes special design acquisition to volcanic environment due to limited wavelengths to do penetration on the thin layer and having great velocity contrast and also the influence of static correction that very affect the data because the variation of elevation topography, the last we could found there is multiple when seismic wave goes through basalt layers and reduced seismic resolution when passing through it because waves tend to continued in high-velocity layer followed by Fermat's law.

Keywords: *Seismic Modelling, Volcanic Environment, Seismic Data Processing.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Pemodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Abah, Umi, Mba Uli, Lulu, Ifaz dan semua keluarga atas dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, M.S dan Bos Firman Syaifuddin, S.Si, MT, selaku pembimbing.
3. Seluruh dosen Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
4. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2012 atas dukungannya.
5. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak. Penulis menyadari tentunya penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 27 Juli 2016

Muhammad Ghazalli

NRP. 3712100012

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Metode Seismik	3
2.2 Geologi lingkungan Batuan Vulkanik	4
2.2.1 Fasies Gunung Api	4
2.2.2 Petroleum System daerah Vulkanik	5
2.3 Pengolahan Data Seismik	6
2.4.1 Koreksi Statik	6
2.4.2 Peredaman Gelombang.....	7
2.4.3 Resolusi Temporal.....	8
2.4.4 Analisa Kecepatan.....	9
2.4.5 Migrasi	10
2.4 Pemodelan Kedepan	11
2.4.1 Parameter pemodelan	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Data dan Perangkat Lunak.....	15
3.1.1 Data	15
3.1.2 Perangkat Lunak.....	15
3.2 Metodologi Penelitian	15
3.2.1 Diagram Alir	15
BAB IV PEMBAHASAN	19
4.1 Model Geologi Sederhana	19
4.1.1 Desain Akuisisi	20
4.1.2 Seismic Gather	20
4.1.3 Pengolahan data seismik sederhana.....	22
4.1.4 Analisa gelombang seismik pada model seismik sederhana	31
4.2 Model Geologi Kompleks	33

4.2.1	Desain Akuisisi	35
4.2.2	Pengolahan Data Seismik.....	39
4.2.3	Analisa gelombang seismik pada model seismik kompleks. ...	55
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		59
DAFTAR ISTILAH		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi penjalaran gelombang Seismik dalam Medium Bumi (Pandu Prakoso, 2009).....	4
Gambar 2.2 Pembagian fasies gunung api (Bogie dan McKenzie, 1998).....	5
Gambar 2.3 <i>Petroleum System</i> daerah batuan vulkanik (Holford, 2012).....	6
Gambar 2.4 Koreksi elevasi saat shot point dibawah batas lapisan lapuk.	6
Gambar 2.5 Koreksi elevasi saat shot point diatas batas lapisan lapuk.	7
Gambar 2.6 Metode <i>Uphole Survey</i>	7
Gambar 2.7 Pelemahan energi akibat pengaruh geometri bumi.	8
Gambar 2.8 Dekonvolusi.	9
Gambar 2.9 Cara kerja Analisa Kecepatan dengan metode t^2-x^2	10
Gambar 2.10 Prinsip kerja Migrasi pada data Seismik.	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengolahan Data.	16
Gambar 3.2 Penjabaran Tahapan Pengolahan Data Seismik.	17
Gambar 4.1 Model Geologi “Kue Lapis” tanpa struktur dengan dimensi panjang 12 km dan kedalaman maksimum 6 km.	19
Gambar 4.2 <i>Shot gather</i> pada <i>shot</i> pertama.	20
Gambar 4.3 <i>Shot gather</i> pada <i>shot</i> ke-75.....	21
Gambar 4.4 <i>Shot gather</i> pada <i>shot</i> ke-150.....	21
Gambar 4.5 CMP <i>gather</i> 300 (tengah lintasan dengan <i>fold</i> terbanyak).....	21
Gambar 4.6 Parameter untuk filter, terlihat sinyal yang digunakan merupakan sinyal rendah berdasarkan hasil analisa spektrum. Dengan nilai parameter diatas, maka sinyal yang akan diloloskan yaitu berkisar dari 1.5 Hz hingga 8 hz.	22
Gambar 4.7 Spektrum frekuensi sebelum dilakukan filter, garis biru adalah nilai rata - rata.	23
Gambar 4.8 Spektrum frekuensi setelah dilakukan filter, garis biru adalah nilai rata - rata.	23
Gambar 4.9 Sebaran frekuensi tiap trace seismic sebelum dilakukan filter pada CMP <i>gather</i> ke-300.....	23
Gambar 4.10 Sebaran frekuensi tiap trace seismic setelah dilakukan filter pada CMP <i>gather</i> ke-300.....	24
Gambar 4.11 Alur pada perangkat lunak untuk mengeluarkan data untuk selanjutnya dijadikan input pada analisa kecepatan.....	24
Gambar 4.12 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada window analisa kecepatan. Data diatas merupakan CMP ke 100.	25
Gambar 4.13 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada jendela analisa kecepatan. Data diatas merupakan CMP ke 300.	26
Gambar 4.14 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada window analisa kecepatan. Data diatas merupakan CMP ke 500.	27
Gambar 4.15 Model kecepatan hasil analisa kecepatan. Garis hitam menunjukkan CMP yang menjadi analisa yaitu CMP 100, 300, dan 500.....	27

Gambar 4.16 Jendela parameter untuk koreksi <i>spherical divergence</i>	28
Gambar 4.17 CMP <i>gather</i> sebelum diberikan koreksi <i>spherical divergence</i>	29
Gambar 4.18 CMP <i>gather</i> setelah diberikan koreksi <i>spherical divergence</i>	29
Gambar 4.19 Dekonvolusi yang digunakan adalah <i>predictive deconvolution</i> dengan inputan prediksi lebar gap dan operator length yang akan di potong ...	30
Gambar 4.20 Seismik <i>stack</i> setelah dilakukan dekonvolusi gap/operator length 4/120.....	30
Gambar 4.21 Seismik <i>stack</i> setelah dilakukan dekonvolusi gap/operator length 8/100.....	31
Gambar 4.22 Model geologi “Kue Lapis”.	31
Gambar 4.23 Hasil <i>stack</i> seismic model geologi “Kue Lapis”.	32
Gambar 4.24 Ilustrasi even <i>multiple</i> (Hannsen, 2002).	32
Gambar 4.25 Skema geologi pada tengah jawa menampilkan tipe <i>petroleum play</i> North Serayu, lingkaran hitam menunjukkan <i>toe thrust</i> yang merupakan jebakan hidrokarbon yang ditutupi oleh batuan vulkanik (van Bemmelen, 1949; Satyana and Armandita, 2004).	33
Gambar 4.26 Model North Serayu Basin yang akan digunakan sebagai model dasar (van Bemmelen, 1949; Satyana and Armandita, 2004).	34
Gambar 4.27 Model “Serayu”, merupakan modifikasi dari skema North Serayu basin dan telah diberikan properti fisis di setiap lapisan yang didefinisikan. ...	34
Gambar 4. 28 Hasil test run 1.	36
Gambar 4.29 Hasil test run 2.	36
Gambar 4.30 Hasil test run 3.	37
Gambar 4.31 Hasil test run 4.	37
Gambar 4.32 Skema desain akuisisi yang digunakan. Menggunakan geophone active di sepanjang lintasan.	37
Gambar 4.33 <i>Seismic Section</i> pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi <i>shot</i> sebesar 30 Hz. Terlihat minimnya even parabolik pada <i>far offset</i> yang dapat menyebabkan minimnya penggambaran pada even refleksi yang dalam.	38
Gambar 4.34 <i>Seismic Section</i> pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi <i>shot</i> sebesar 5 Hz.	38
Gambar 4.35 <i>Seismic Section</i> pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi <i>shot</i> sebesar 10 Hz.	39
Gambar 4.36 Cuplikan tabel <i>Shot Spread – Sheet</i> yang berisikan informasi yang diperlukan untuk memberikan identitas pada bagian shot (<i>source</i>).	40
Gambar 4.37 Cuplikan tabel <i>Receiver Spread – Sheet</i> yang berisikan informasi tiap <i>geophone</i>	40
Gambar 4.38 <i>Stacking chart</i> dari konfigurasi akuisisi, dapat dibandingkan dengan Gambar 4.32. Kotak merah adalah <i>shot</i> dan tanda plus adalah <i>geophone</i>	41
Gambar 4.39 Elevasi posisi <i>shot</i> dan <i>receiver</i> yang telah diinput.	41
Gambar 4.40 <i>Fold coverage</i> dengan <i>fold</i> terbesar 250 pada cmp 500.	41

Gambar 4.41 Window kiri merupakan control point dan window kanan adalah kumpulan <i>first break</i> .	42
Gambar 4.42 Statik model hasil <i>picking velocity</i> (Gambar 4.41 bagian kanan).	42
Gambar 4.43 CMP <i>gather</i> 500 sebelum dilakukan koreksi statik.	43
Gambar 4.44 CMP <i>gather</i> 500 setelah dilakukan koreksi statik.	43
Gambar 4.45 Parameter filter yang digunakan.	44
Gambar 4.46 Spektrum frekuensi sebelum dilakukan filter.	44
Gambar 4.47 Spektrum frekuensi setelah dilakukan filter.	45
Gambar 4.48 Parameter <i>spherical divergence</i> yang digunakan.	45
Gambar 4.49 CMP <i>gather</i> 500 sebelum dilakukan koreksi <i>spherical divergence</i> , data setelah dilakukan filter.	46
Gambar 4.50 CMP <i>gather</i> 500 setelah dilakukan koreksi <i>spherical divergence</i> .	46
Gambar 4.51 Parameter dekonvolusi dengan menggunakan <i>predictive deconvolution</i> . Lag 4 ms dengan <i>operator length</i> 80 ms.	47
Gambar 4.52 Hasil <i>stack</i> seismik setelah dilakukan dekonvolusi <i>gap / operator length</i> 4 / 80.	47
Gambar 4.53 Alur yang digunakan untuk mengeluarkan nilai residual statik yang disimpan dalam format srs.	48
Gambar 4.54 Alur yang digunakan untuk residual statik 1, data inputan srs dimasukkan kedalam modul readstat.	48
Gambar 4.55 Alur yang digunakan untuk residual statik 2. Data inputan srs dimasukkan 2 kali, pertama adalah srs hasil residual statik 1 dan yang kedua adalah hasil residual statik 2.	48
Gambar 4.56 <i>Stack</i> seismik hasil residual statik 1.	49
Gambar 4.57 <i>Stack</i> seismik hasil residual statik 2.	49
Gambar 4.58 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada CMP 100.	50
Gambar 4.59 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada CMP 300.	51
Gambar 4.60 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada CMP 500.	52
Gambar 4.61 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada CMP 700.	53
Gambar 4.62 <i>Semblance</i> dan CMP <i>gather</i> pada CMP 900.	54
Gambar 4.63 Model kecepatan untuk residual statik 1.	54
Gambar 4.64 Model kecepatan untuk residual statik 2.	55
Gambar 4.65 Model Serayu yang akan dibandingkan dengan hasil penampang seismik.	55
Gambar 4.66 Hasil penampang seismik hasil residual statik 2.	56

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Parameter fisis model sederhana.....	19
Tabel 4.2 Parameter akuisisi.....	20
Tabel 4.3 Properti fisis model kompleks.	35
Tabel 4.4 Parameter akuisisi Test Run 1.	35
Tabel 4.5 Parameter akuisisi Test Run 2.	36
Tabel 4.6 Parameter akuisisi Test Run 3.	36
Tabel 4.7 Parameter akuisisi Test Run 4.	37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

potensi geothermal. Penulis berpesan untuk teman – teman adik kelas Tg-2, Tg-3, Tg-4, dan Tg-selanjutnya untuk selalu berkarya dan jangan pernah menyerah, perbanyak prestasi kalian karena dengan itu nama Jurusan Teknik Geofisika akan selalu terdengar. Selalu perkuat ikatan di angkatan dan antar angkatan dengan HMTG sebagai wadahnya dan jika dalam waktu dekat HMTG belum menjadi ‘rumah’ bagi kalian, maka suatu saat akan menjadi ‘rumah’ bagi angkatan bawah yang akan masuk, tetap berikan nilai dan semangat berhimpun ke mahasiswa baru sehingga HMTG suatu saat akan menjadi ‘rumah’ yang semakin besar. Setelah lulus penulis memiliki cita – cita mendapatkan beasiswa studi S2 di negara Arab atau Eropa pada tahun 2017. Lalu dapat berkerja, berkarir, dan produktif dalam penelitian di industri migas (*Oil Company, Oil Service*, maupun sektor pemerintahan) pada tahun 2017 dan seterusnya lalu cita – cita saya yang terakhir adalah mendirikan perusahaan sendiri pada tahun 2025. Sebagai penutup, penulis berjanji setelah menjadi lulusan JTG akan bersedia (jika diundang) atau berinisiatif menjadi narasumber pada acara kuliah tamu dengan bahasan terkait Teknik Geofisika di JTG dan menjadi bagian dari Ikatan Alumni Teknik Geofisika ITS. Jika ingin berdiskusi lebih jauh terkait Tugas Akhir atau ingin menghubungi penulis dapat melalui **m.ghazalli@yahoo.com**, sekian dan terimakasih.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya kebutuhan energi di Indonesia dan dunia terutama di bidang energi fosil mengharuskan kegiatan eksplorasi cadangan migas terus dilakukan. Dengan semakin menipisnya cadangan pada *petroleum system* yang konvensional memunculkan ide-ide baru dengan adanya cadangan migas pada daerah yang dianggap tidak dapat memproduksi migas, yaitu area lingkungan batuan vulkanik.

Di pulau Jawa sendiri penemuan rembesan minyak dan gas paling banyak muncul di area vulkanik. Saking banyaknya rembesan minyak di area vulkanik sampai pernah memunculkan teori bahwa minyak dan gas itu memiliki asal magmatik (salah satu teori anorganik asal minyak yang pernah muncul pada zaman Hindia Belanda di Indonesia). Seiring berkembangnya pengetahuan lalu diketahui bahwa asal hidrokarbon adalah organik, yaitu dari zat renik organik (bakteri, plankton, ganggang) atau tumbuhan-tumbuhan di darat yang sebagian massanya menjadi komponen di batuan penggenerasi hidrokarbon (*source rock*) (Awang Satyana, 2015).

Berdasarkan itu, maka diduga bahwa di Jawa banyak batuan induk pengandung zat organik terkubur dan tertutup oleh lapisan tebal batuan vulkanik yang menutupinya. Batuan vulkanik ini telah menekan dan menenggelamkan batuan induk ke kedalaman yang menyebabkan zat organik di dalam batuan induk menjadi matang dan berubah menjadi minyak dan gas, lalu sebagian migas ini naik ke permukaan melalui celah-celah atau patahan-patahan dan menjadi rembesan minyak/gas di permukaan (Awang Satyana, 2015).

Tantangannya sekarang adalah teknologi pengambilan data (akuisisi) dan pengolahan data seismik (processing) sampai saat ini hampir tak mampu menembus lapisan tebal vulkanik untuk mengungkap konfigurasi lapisan batuan di bawah vulkanik (sub-volcanic) dengan maksimal. Oleh karena itu dibutuhkan pemodelan data seismik untuk mengetahui dan memahami bagaimana respon gelombang seismik ketika menjalar melalui model geologi yang kompleks, dalam hal ini pada lingkungan batuan vulkanik.

1.2 Tujuan

1. Mengetahui *event-event* refleksi gelombang seismik yang muncul dalam sintetik seismogram dari hasil pemodelan.
2. Mengetahui perambatan gelombang seismik dari hasil pemodelan yang telah dibuat.
3. Melihat respon gelombang seismik pada model geologi lingkungan batuan vulkanik.

4. Merekonstruksi gambaran bawah permukaan dengan melakukan pengolahan data standar data sintetik yang dihasilkan dari pemodelan.

1.3 Perumusan Masalah

Adapun masalah yang dihadapi pada pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Bagaimana fenomena gelombang ketika melewati batuan vulkanik?
2. Bagaimana efek *near surface velocity* pada seismik refleksi di lingkungan batuan vulkanik seperti efek topografi dan variasi lateral kecepatan perambatan gelombang?
3. Bagaimana pengaruh parameter akuisisi terhadap kemampuan gelombang seismik untuk melewati lapisan batuan vulkanik?
4. Bagaimana pengaruh frekuensi terhadap kemampuan gelombang seismik untuk melewati lapisan batuan vulkanik?

1.4 Batasan Masalah

Pemodelan numerik dengan menggunakan *software* Pemodelan Seismik dan diolah menggunakan perangkat lunak Pengolahan Data Seismik. Metode numerik yang digunakan dalam perangkat lunak tersebut adalah metode *full-wave propagation* yang akan mensimulasikan perambatan gelombang penuh ketika melalui medium.

Asumsi medium yang dipakai dalam model ini adalah medium akustik isotropik. Analisis hasil pemodelan yang akan dibahas dibatasi pada analisis *event – event* gelombang yang terdapat di sintetik seismogram dan analisis pada penampang hasil *stack* setelah dilakukan pengolahan data seismik secara konvensional sebagai kontrol. Model yang dibuat dalam tugas akhir ini adalah model geologi pada lingkungan batuan vulkanik.

1.5 Manfaat

1. Sebagai pembelajaran untuk memahami tahapan – tahapan yang dilakukan untuk pemodelan seismik.
2. Sebagai studi secara ilmiah yang menjelaskan pengaruh lingkungan batuan vulkanik terhadap kemampuan gelombang seismik untuk menggambarkan bentuk bawah permukaan.

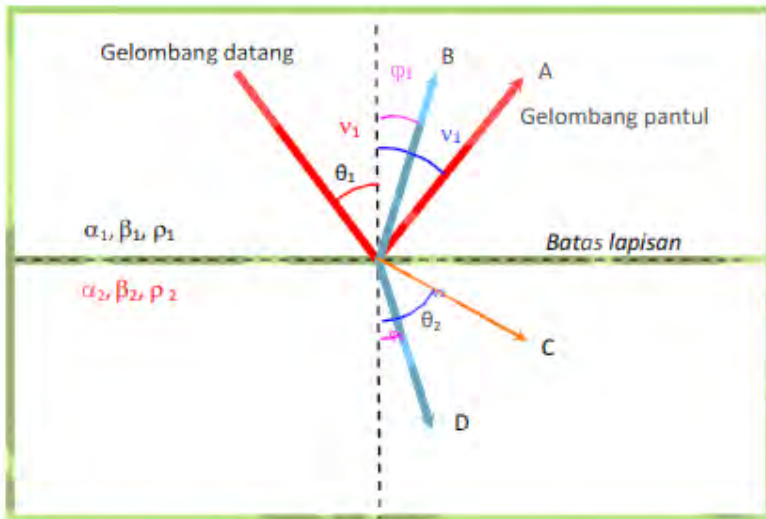
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Seismik

Metode seismik refleksi adalah metode geofisika yang memanfaatkan gelombang pantul (refleksi) dari batuan bawah permukaan. Cara kerja dari metode ini adalah mengirimkan sinyal (gelombang) ke dalam bumi, lalu sinyal tersebut akan dipantulkan oleh batas antar dua lapisan dan selanjutnya sinyal pantulan akan direkam oleh receiver. Data yang direkam oleh *receiver* berupa waktu datang gelombang pantul. Waktu datang gelombang ini akan memberikan informasi kecepatan rambat gelombang pada lapisan batuan tersebut. Berbagai variabel lain yang dapat dimanfaatkan adalah amplitudo gelombang, frekuensi, dan fasa gelombang.

Gelombang seismik merambat ke batuan sebagai gelombang elastik, yang mengubah energi menjadi gerakan partikel batuan. Ketika gelombang seismik melalui lapisan batuan dengan impedansi akustik yang berbeda dari lapisan batuan yang dilalui sebelumnya, maka gelombang akan terbagi. Sebagian akan di refleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat ke bawah permukaan bumi.

Penjalaran gelombang seismik mengikuti Hukum Snellius yang dikembangkan dari Prinsip Huygens, yaitu “Sudut pantul dan sudut bias merupakan fungsi dari sudut datang dan kecepatan gelombang. Jika gelombang P datang mengenai permukaan bidang batas antara dua medium berbeda akan menimbulkan gelombang refleksi dan refraksi. Sebagian energi gelombang akan dipantulkan sebagai gelombang P dan gelombang S, dan sebagian lagi akan diteruskan sebagai gelombang P dan gelombang S.”



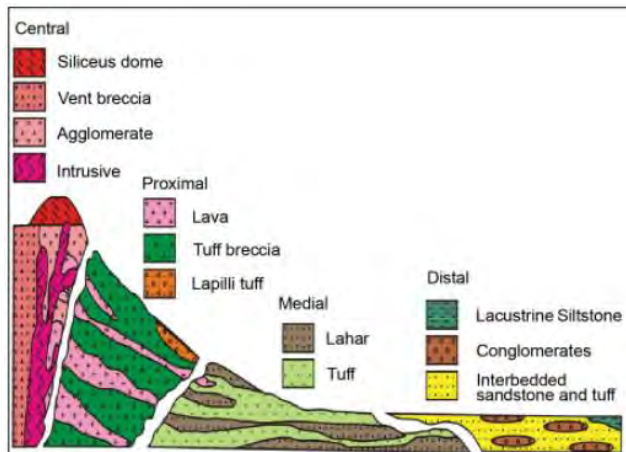
Gambar 2.1 Ilustrasi penjalaran gelombang Seismik dalam Medium Bumi (Pandu Prakoso, 2009).

Konsep dasar metode seismik refleksi ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pulsa seismik merambat melewati batuan dalam bentuk gelombang elastik yang mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan. Dimensi dari gelombang elastik atau gelombang seismik jauh sangat besar dibandingkan dengan dimensi pergerakan partikel batuan tersebut. Namun, penjalaran gelombang seismik dapat diterjemahkan dalam bentuk kecepatan dan tekanan partikel yang disebabkan oleh vibrasi selama penjalaran gelombang tersebut. Pergerakan partikel mengalirkan energi yang terjadi, dan juga menentukan kecepatan gelombang seismik dalam batuan tersebut (Taib, 2002).

2.2 Geologi lingkungan Batuan Vulkanik

2.2.1 Fasies Gunung Api

Secara umum, gunung api kerucut dapat dibagi menjadi daerah puncak, lereng, kaki gunung, dan dataran di sekelilingnya. Selanjutnya pemahaman ini dikembangkan dan membagi gunung api menjadi *Central Zone* (puncak gunung api), *Proximal Zone* (lereng gunung api), dan *Distal Zone* (kaki gunung dan daerah di sekitarnya) oleh Williams dan McBirney (1979). Pembagian zona – zona gunung api tersebut lalu dikembangkan oleh Vessel dan Davies (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998) menjadi 4 zona, yaitu *Central/Vent Facies*, *Proximal Facies*, *Medial Facies*, dan *Distal Facies*.



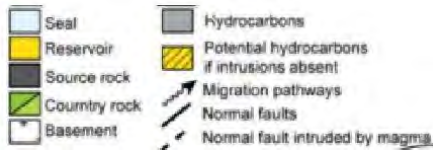
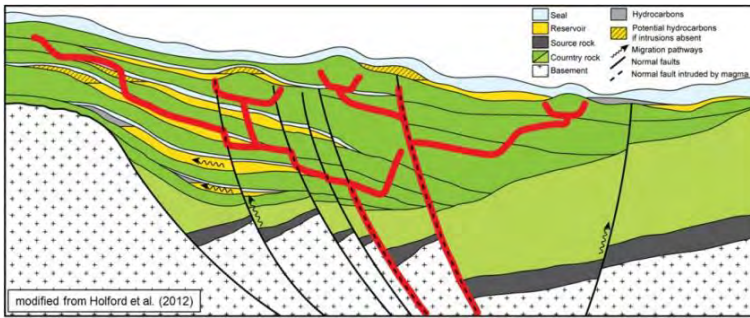
Gambar 2.2 Pembagian fasies gunung api (Bogie dan McKenzie, 1998).

Gambar 2.2 dibagi berdasarkan batasan fasies gunung api yang ditentukan dengan ciri litologi pada lokasi tertentu, masing – masing fasies gunung api tersebut didefinisikan berdasarkan data (Sutikno Bronto, 2006):

- Geomorfologi
- Statigrafi batuan gunung api
- Vulkanologi fisik
- Struktur geologi
- Petrologi – geokimia

2.2.2 Petroleum System daerah Vulkanik

Pada gambar dibawah, terlihat model geologi yang memiliki cadangan hidrokarbon di lingkungan batuan vulkanik dengan adanya intrusi batuan beku di sekitar reservoir. Intrusi yang dimaksud adalah intrusi sill dan dike dengan arah vertikal dan horizontal yang membentuk *barrier* dari reservoir itu sendiri. Daerah lingkungan batuan vulkanik seperti ini dapat terbentuk *petroleum system* yang cocok untuk dilakukan eksplorasi karena memiliki reservoir, *trap*, *seal*, dan migrasi.

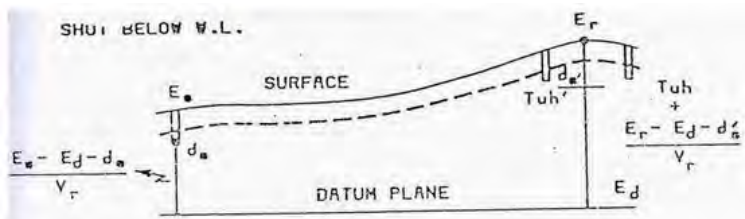


Gambar 2.3 *Petroleum System* daerah batuan vulkanik (Holford, 2012).

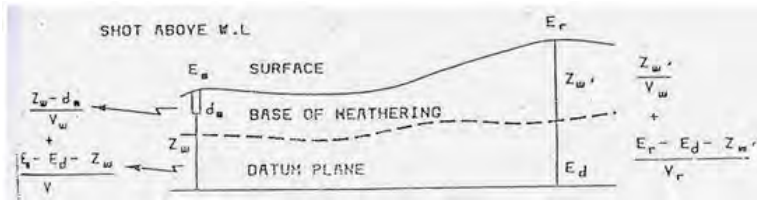
2.3 Pengolahan Data Seismik

2.4.1 Koreksi Statik

Salah satu permasalahan yang terjadi dalam pengolahan data seismik adalah adanya ketidakcocokan antara data hasil rekaman dengan keadaan yang sebenarnya. Salah satu penyebab terjadinya hal ini dikarenakan adanya elevasi kedudukan antara shotpoint dan receiver yang tidak terletak pada datum yang sama. Dan juga adanya lapisan lapuk (weathering layer) yang akan mempengaruhi kecepatan gelombang seismik. Sehingga perlu dilakukan adanya koreksi untuk masalah statik ini, yaitu koreksi statik. Koreksi statik terdiri dari dua hal, yaitu koreksi elevasi dan koreksi refraksi. Koreksi elevasi dilakukan untuk menempatkan posisi shot dan receiver pada level datum yang sama.

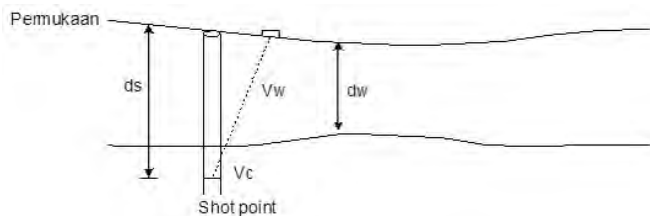


Gambar 2.4 Koreksi elevasi saat shot point dibawah batas lapisan lapuk.



Gambar 2.5 Koreksi elevasi saat shot point diatas batas lapisan lapuk.

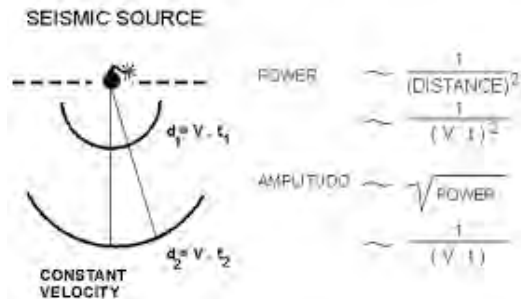
Kemudian dilakukan koreksi lapisan lapuk. Koreksi lapisan lapuk ini dilakukan dengan mengurangi waktu tempuh gelombang seismik yang melewati lapisan lapuk dengan waktu tempuh yang seolah-olah tidak dilewati lapisan lapuk. Hal ini dilakukan karena pada lapisan lapuk terjadi absorpsi yang besar terhadap penurunan kecepatan yang besar ketika gelombang seismik melewati lapisan lapuk. Metode yang digunakan pada koreksi lapuk ini adalah *Uphole Survey*, yaitu menentukan ketebalan lapisan lapuk, kecepatan gelombang P pada lapisan lapuk dan kecepatan gelombang-P dilapisan yang lebih kompak (dibawah lapisan lapuk).



Gambar 2.6 Metode *Uphole Survey*.

2.4.2 Peredaman Gelombang

Akibat pengaruh geometri bumi yang *spheric*, energi akan semakin melemah jika semakin jauh dari sumber. Maka diperlukan faktor koreksi untuk meningkatkan amplitudo sesuai fungsi waktunya. Koreksi *spherical divergence* ditujukan untuk meningkatkan resolusi di kedalaman yang lebih dalam.



Gambar 2.7 Pelemahan energi akibat pengaruh geometri bumi.

Koreksi spherical divergence sendiri menggunakan formula P. Newman sebagai berikut:

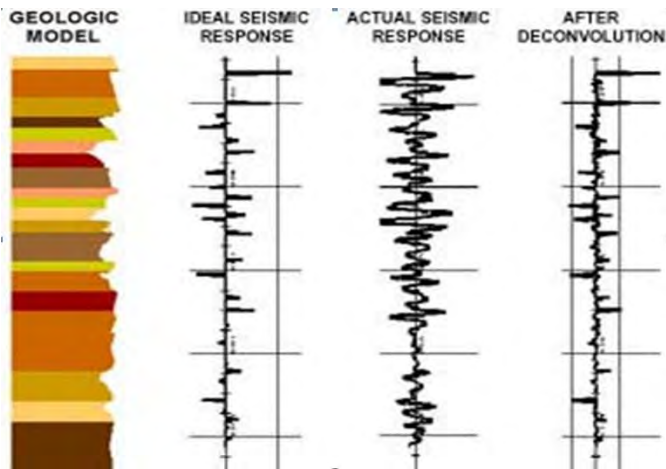
$$D = T \frac{V_{rms}^2(T)}{V_0}$$

dimana D adalah faktor koreksi, V_0 adalah velocity konstan (medium pertama), T adalah waktu perambatan dari sumber ke receiver (dalam sekon), dan $V_{rms}(T)$ adalah kecepatan RMS (Root Mean Square).

Koreksi ini merupakan koreksi yang digunakan akibat geometri bumi, dengan pengaruh velocity untuk setiap time. Sehingga data yang dikenai *spherical divergence* masih *preserve*. Berbeda dengan ekualisasi (*automatic gain control*) yang merupakan multiplikasi untuk amplitudo pada window tertentu menggunakan rata-rata amplitudo pada window tersebut. Data yang dikenai AGC tidak lagi *preserve*.

2.4.3 Resolusi Temporal

Gelombang seismik yang merambat ke dalam bumi akan mengalami proses konvolusi/filtering. Dalam hal ini bumi bersikap sebagai filter terhadap energi seismik tersebut. Akibat efek filter tersebut maka bentuk gelombang seismik respon akan menjadi lebih lebar, seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.8 Dekonvolusi.

Untuk menghilangkan efek dari filter bumi tersebut maka dilakukan Dekonvolusi. Dekonvolusi juga dilakukan untuk memperbaiki resolusi. Berdasarkan Gambar 2.8 diatas, dekonvolusi adalah proses menghilangkan efek filter bumi pada wavelet seismik respon. Sehingga output dari dekonvolusi ini adalah seismik respon yang mendekati dengan ideal seismik respon. Terdapat beberapa tipe dekonvolusi, yaitu:

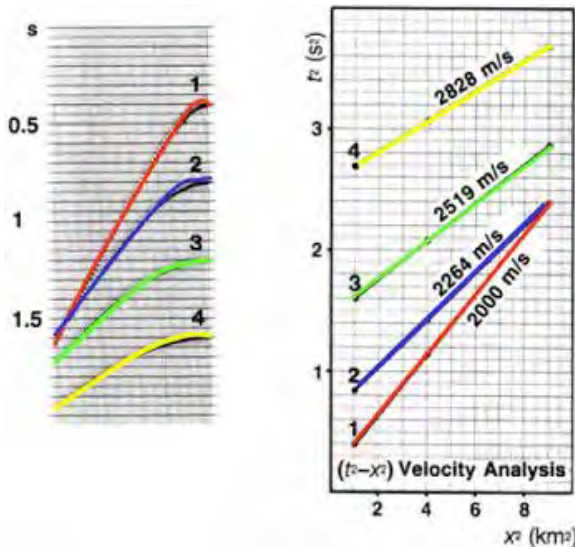
- A. *Predictive Deconvolution*, untuk menghilangkan reverbras dengan jarak prediktif tertentu.
- B. *Wavelet Shaping Deconvolution*, untuk data dengan fasa non-minimum.
- C. *Spiking Deconvolution*, untuk menghasilkan ideal spike.

2.4.4 Analisa Kecepatan

Analisa kecepatan adalah upaya untuk memprediksi kecepatan gelombang seismik yang melewati medium perlapisan. Analisa kecepatan dilakukan didalam sort CMP (*Common Mid Point*) gather. Terdapat empat macam analisa kecepatan:

- a. Analisa t^2 - x^2

Jika informasi waktu (t^2) dan offset (x^2) pada sebuah hiperbola refleksi (sebelum dilakukan koreksi NMO) diplot, maka akan menghasilkan garis linear. Kemiringan garis linear ini mencerminkan kecepatan bumi (v^2) dari permukaan sampai batas refleksi yang bersangkutan. Akar dari v^2 adalah kecepatan bumi yang diprediksi melalui analisis ini. Dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2.9 Cara kerja Analisa Kecepatan dengan metode t^2-x^2 .

b. CVP (*Constant Velocity Panels*)

Variasi kecepatan (dari permukaan bumi sampai kedalaman sebuah reflektor tertentu) di-tes untuk melakukan koreksi NMO pada gather CMP. Kecepatan yang menghasilkan reflektor horisontal adalah kecepatan CVP.

c. CVS (*Constant Velocity Stacks*)

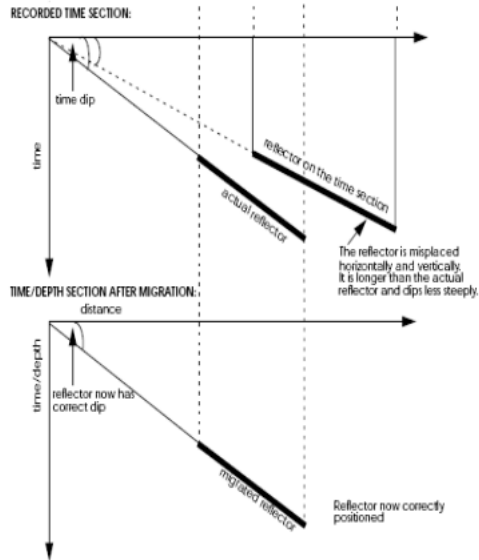
Mirip dengan CVP akan tetapi metoda CVS diterapkan pada CMP gather kemudian dilakukan *stacking*. Kecepatan yang menghasilkan amplitudo *stacking* yang terbaik (amplitudo tertinggi) adalah kecepatan CVS yang dipilih.

d. Analisa *Velocity Spectra: Amplitudo Stacking*

Amplitudo *Stacking* yang dinormalisasi dan *semblance*. Analisis ini dilakukan jika hasil *stacking gather* yang diberikan variasi kecepatan diplot dalam sebuah panel untuk masing-masing kecepatan. Hasilnya dapat diplot sebagai trace maupun kontur amplitudo yang mengidentifikasi *similarity*.

2.4.5 Migrasi

Penampang seismik adalah hasil penggambaran reflektivitas bawah bumi yang terekam di permukaan. Banyak faktor yang mempengaruhi penalaran gelombang seismik dari reflektor sampai ke permukaan yang mengakibatkan hasil penggambaran sinyal seismik jauh berbeda dengan bentuk aslinya (struktur) atau memiliki resolusi yang rendah. Migrasi data seismik berusaha untuk menghilangkan pengaruh dipping pada data CDP sehingga dikembalikan pada CMP.



Gambar 2.10 Prinsip kerja Migrasi pada data Seismik.

Dari konstruksi geometri pada gambar 2.10 dapat disimpulkan:

- Sudut kemiringan reflektor pada keadaan yang sebenarnya (α_a) lebih besar daripada kemiringan reflektor yang terdapat di penampang seismik (α_b). Dengan hubungan sebagai berikut:

$$\sin \alpha_a = \frac{AC'}{OA} = \frac{AC}{OA} = \tan \alpha_b$$

- Panjang reflektor pada keadaan yang sebenarnya ($C'D'$) lebih pendek jika dibandingkan dengan panjang reflektor pada penampang seismik (CD).
- Kedalaman reflektor pada keadaan yang sebenarnya (kondisi geologi) lebih dangkal jika dibandingkan dengan kedalaman reflektor pada penampang seismik.

2.4 Pemodelan Kedepan

Pemodelan kedepan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan gelombang akustik dalam medium isotropik. Untuk pemodelan akustik, properti medium dijelaskan sebagai sebaran ruang dengan parameter perambatan gelombang dari gelombang yaitu $v = (x_1, x_3)$ dan densitas $\rho(x_1, x_3)$. Persamaan gelombang akustik dijelaskan sebagai medan vektor dari pemindahan

kecepatan u dan medan skalar dari tekanan p , keduanya menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_1} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_3}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_3} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \rho v^2 \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \right) \quad (3)$$

selanjutnya, turunkan persamaan 1 dengan x_1 , persamaan kedua dengan x_3 , dan persamaan ketiga dengan t , maka didapatkan:

$$\frac{\partial u_1}{\partial t \partial x_1} = \frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x_1^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 u_3}{\partial t \partial x_3} = \frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_3} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x_3^2} \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = p v^2 \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial t \partial x_1} + \frac{\partial^2 u_3}{\partial t \partial x_3} \right) \quad (6)$$

dengan mensubstitusikan persamaan 4 dan 5 ke persamaan 6, maka didapatkan persamaan akustik dengan notasi tekanan.

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = p v^2 \left[\left(\frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x_1^2} \right) + \left(\frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_3} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x_3^2} \right) \right] \quad (7)$$

persamaan 7 dapat disederhanakan menjadi,

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = v^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x_3^2} \right) + p v^2 \left(\frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{\partial^1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_3} \right) \quad (8)$$

dapat dilihat pada persamaan 7, terdapat persamaan yang menurunkan dengan densitas. Jika nilai tersebut mendekati 0 maka pada kasus ini akustik dan nilai skalar identik dengan tekanan. Perambatan gelombang bergantung kepada properti medium (tidak berubah seiring waktu – statik). Berikut beberapa properti yang mempengaruhi perambatan gelombang seismik.

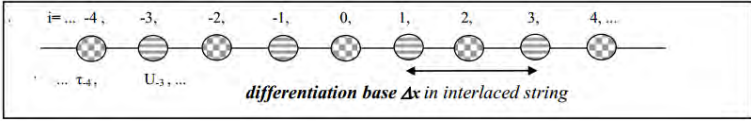
- Kecepatatan Primer (V_p) dan kecepatan sekunder (V_s), densitas (ρ).
- Properti tambahan seperti anisotropi (Parameter Thompson, atenuasi, dan absorpsi).

2.4.1 Parameter pemodelan

Dalam pemodelan kedepan parameter yang dirasa signifikan adalah jumlah sumber, jumlah geophone, dan besar grid. Perhitungan yang dilakukan akan menghitung dan memodelkan respon seismik dari setiap sumber, semakin besar jumlah sumber maka akan semakin membutuhkan waktu untuk perhitungan. Selanjutnya yang mempengaruhi adalah besar grid sesuai dengan persamaan yang ada pada (Virieux, 1986). Dapat dilihat pada persamaan 9.

$$\frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} = b(x) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \tau(x,t)}{\partial t} \right) \quad (9)$$

persamaan 9 adalah persamaan gelombang, jika diasumsikan variable τ dan U (stress & displacement) sepanjang lintasan didistribusikan dengan notasi $i = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ lalu variabel τ dan U ditentukan dengan posisi genap ganjil sepanjang lintasan. Berikut ilustrasinya.



$$k = 0, 1, 2, \dots \begin{cases} i = \dots, -2, 0, 2, \dots & \left\{ \begin{aligned} \tau_1 &\leftarrow \tau_1 + a_1 \frac{\Delta t}{\Delta x} (U_{i+1} + U_{i-1}) \\ U_i &\leftarrow U_i + b_1 \frac{\Delta t}{\Delta x} (\tau_{i+1} + \tau_{i-1}) \end{aligned} \right. \end{cases} \quad (10)$$

lalu jika diintegrasikan,

$$\tau(x, t) = a(x) \int_0^t \frac{\partial U(x,t)}{\partial x} dt \quad (11)$$

$$U(x, t) = b(x) \int_0^t \frac{\partial \tau(x,t)}{\partial x} dt \quad (12)$$

dengan $\Delta x, \Delta t \rightarrow 0$, dan ketika persamaan 10 dan 11 diturunkan 2 kali terhadap t , maka

$$\frac{\partial^2 \tau(x,t)}{\partial x^2} = a(x) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial U(x,t)}{\partial t} \right) \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} = b(x) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \tau(x,t)}{\partial t} \right) \quad (14)$$

Variabel A_b b_i menerangkan properti (konstan dalam waktu t) tersebar sepanjang sumbu x . jika nilai dari turunan dasar Δx bernilai tetap (grid) dan pertambahan waktu Δt juga konstan, maka nilai A_b b_i dapat ditentukan.

$$A_i = a_i \frac{\Delta t}{\Delta x} \text{ atau } A_i = \frac{a_i}{G} \quad (13)$$

$$B_i = b_i \frac{\Delta t}{\Delta x} \text{ atau } B_i = \frac{b_i}{G} \quad (14)$$

dengan $G = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, G mendefinisikan skala konstan dengan dimensi kecepatan (m/sec), kemudian pada persamaan 9 akan stabil ketika $Vp[\max] < G$, dengan $Vp[\max]$ adalah nilai maksimal kecepatan p pada grid. Selanjutnya $G = \Delta t / \Delta d$, dimana Δt adalah tahapan komputasi (1 tahapan $\Delta t/2$) dan Δd adalah turunan (1 sell $\Delta d/w$). Kemudian untuk menghitung limitasi kecepatan perhitungan,

$$\Delta d = \frac{Vp[\min]}{F[pick]/Basewave} \quad (15)$$

lalu untuk menghitung durasi waktu 1 kali komputasi (pemodelan 1 sumber)

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{Vp[\max]/Stability} \quad (16)$$

dengan $Vp[\min]$ adalah nilai Vp minimum, $Vp[\max]$ adalah nilai Vp maksimum, $F[pick]$ adalah nilai frekuensi yang diberikan pada sumber, dan $stability$ adalah $\sqrt{2} + 1/2/Basewave$ mendekati $1.5 - stability$ konstan.

BAB III METODOLOGI

3.1 Data dan Perangkat Lunak

3.1.1 Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data sintetik dengan menggunakan model geologi pada lingkungan batuan vulkanik.

3.1.2 Perangkat Lunak

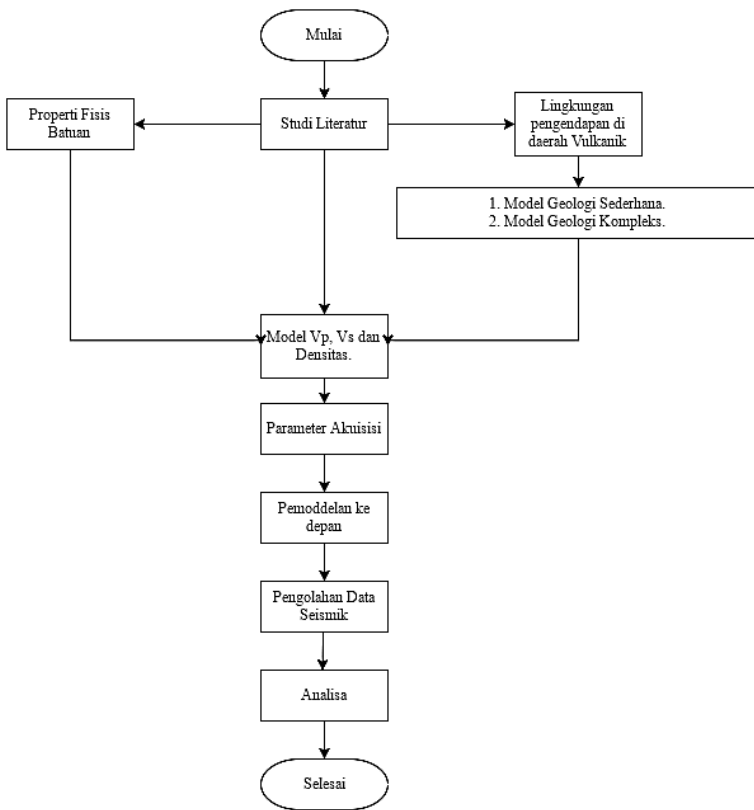
Perangkat lunak yang digunakan adalah Pemodelan Seismik untuk melakukan *forward modelling* (pembuatan model) dan Pengolahan Data Seismik untuk pengolahan data sintetik.

3.2 Metodologi Penelitian

3.2.1 Diagram Alir

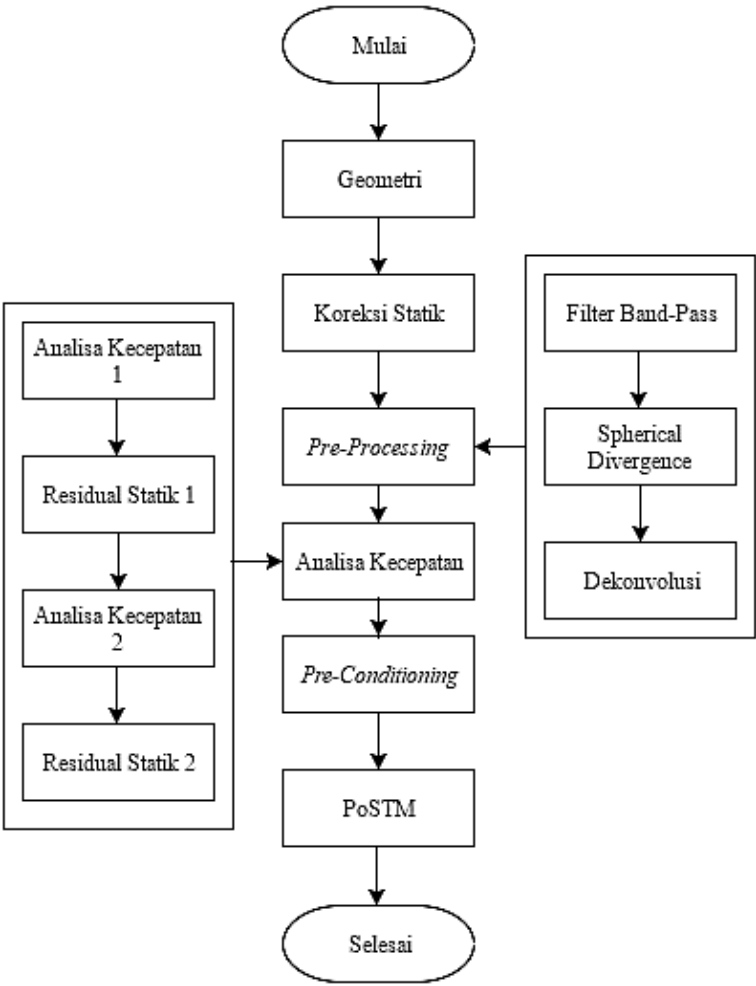
Tahap pertama adalah membuat model geologi yang selanjutnya akan dilakukan akuisisi seismik secara *forward modelling* sehingga didapatkan data sintetik. Model geologi yang digunakan diusahakan mendekati model geologi lapangan sehingga diperlukan referensi lingkungan pengendapan di daerah batuan Vulkanik (Facies Vulkanik) sebagai wawasan pembuatan model geologi (jenis batuan, struktur geologi dan morfologi) lalu dibutuhkan studi literatur untuk mengaitkan kondisi geologi yang diinginkan dengan properti fisis batuan seperti Kecepatan P dan densitas.

Setelah didapatkan model geologi lingkungan vulkanik yang diinginkan selanjutnya diberikan parameter akuisisi seperti jumlah channel, jumlah titik penembakan, *near offset*, *far offset*, lama perekaman, *sampling time*, dan frekuensi yang diberikan. Parameter akuisisi ini digunakan untuk tahapan selanjutnya yaitu *forward modelling* yang akan menghasilkan sintetik seismogram. Data yang dihasilkan akan memiliki domain waktu dan merupakan data mentah sehingga diperlukan pengolahan data seismik. Hasil pengolahan data seismik ini yang kemudian akan dianalisa. Berikut adalah diagram alir yang digunakan pada Tugas Akhir ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengolahan Data.

Untuk pengolahan data Seismik, alur yang akan digunakan sebagai berikut:



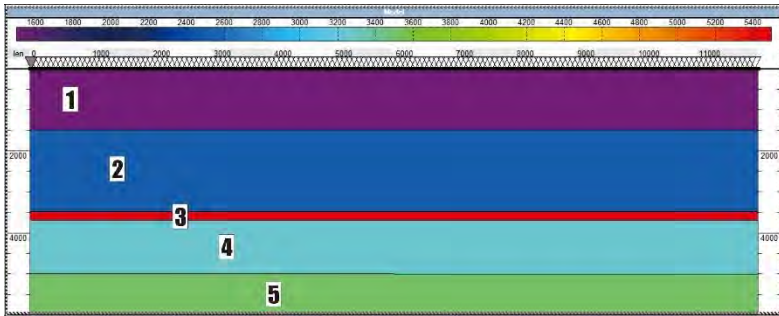
Gambar 3.2 Penjabaran Tahapan Pengolahan Data Seismik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Model Geologi Sederhana

Model geologi sederhana merupakan model yang digunakan untuk melihat sifat perambatan gelombang seismik hasilnya ketika sudah diolah. Model yang digunakan adalah model lapisan tanpa struktur dengan memasukkan lapisan batuan basalt untuk melihat perambatan gelombang pada lapisan tersebut.



Gambar 4.1 Model Geologi “Kue Lapis” tanpa struktur dengan dimensi panjang 12 km dan kedalaman maksimum 6 km.

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 merupakan model geologi sederhana 5 lapisan dengan lapisan basalt pada kedalaman 3.500 meter dengan tebal 200m. Model geologi tersebut kemudian diberikan parameter fisis yaitu vp dan densitas seperti ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.1 Parameter fisis model sederhana.

Lapisan ke	Tipe Lapisan	VP (m/s)	Densitas (kg/m ³)	Ketebalan (m)
1	<i>Sandstone</i>	1500	1970	1500
2	<i>Sandstone</i>	2500	2200	2000
3	Basalt	5500	2575	200
4	<i>Sandstone</i>	3250	2237	1400
5	<i>Sandstone</i>	3500	2275	1000

4.1.1 Desain Akuisisi

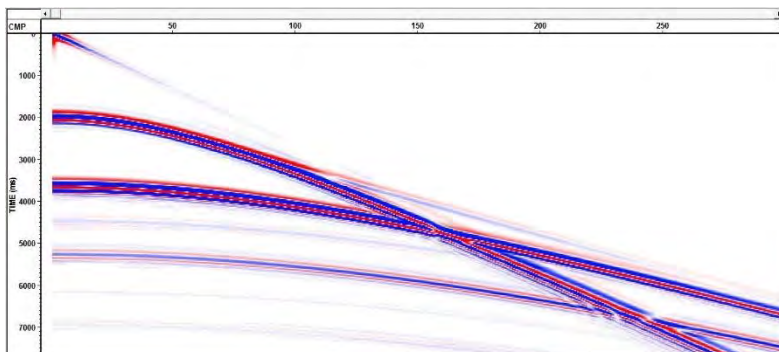
Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan desain akuisisi adalah ketebalan lapisan dan kedalaman lapisan target. Digunakan frekuensi sebesar 5 Hz dikarenakan hasil “Test Run” yang akan dibahas pada bab 4.2. Penentuan *far offset* ditentukan kurang lebih 2 kali kedalaman, dikarenakan target memiliki kedalaman 6 Km maka *far offset* yang digunakan sejauh 12 Km. Penentuan shot dan receiver interval dihasilkan dari penggunaan *grid* yang digunakan, dikhawatirkan kualitas data akan menjadi jelek ketika interval *geophone* tidak mengikuti 2 kali lebar *grid*.

Tabel 4.2 Parameter akuisisi

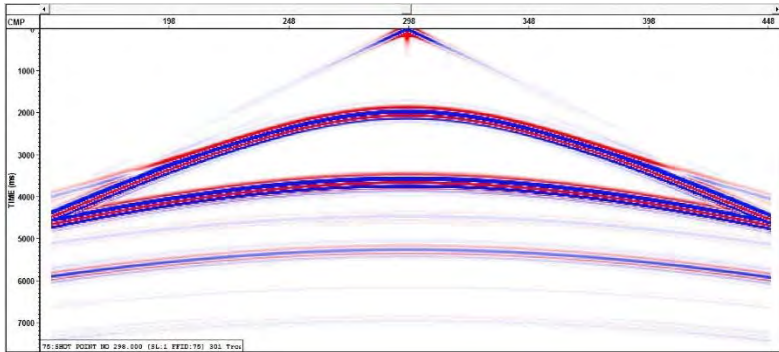
Grid 20 meter	Frekuensi 5 Hz Wavelet Ricker
Shot Interval 80 m	Total Shot 150
Receiver Interval 40m	Total Receiver 301
Record Length 7 sekon	Sampling Interval 2ms

4.1.2 Seismic Gather

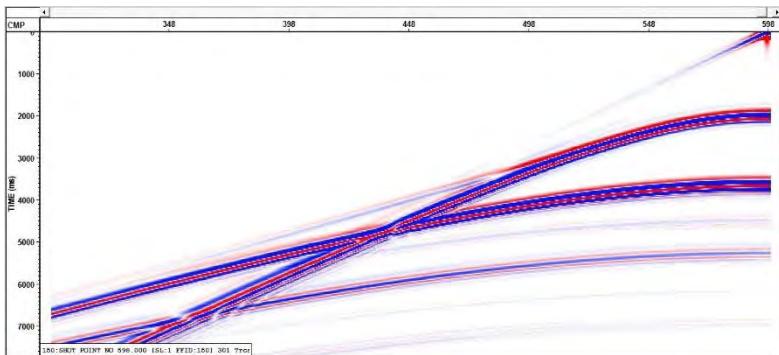
Model geologi yang telah memiliki parameter fisis kemudian dilakukan *forward modelling* untuk melihat respon seismiknya. Dikarenakan model yang digunakan tanpa struktur, maka respon seismiknya memiliki penurunan waktu atau efek hiperbolik yang bagus dapat dilihat pada Gambar 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5. Respon yang tebal mengindikasikan terjadinya refleksi dengan lapisan. Ada beberapa respon tipis pada bagian time besar diasumsikan sebagai *noise*, akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.



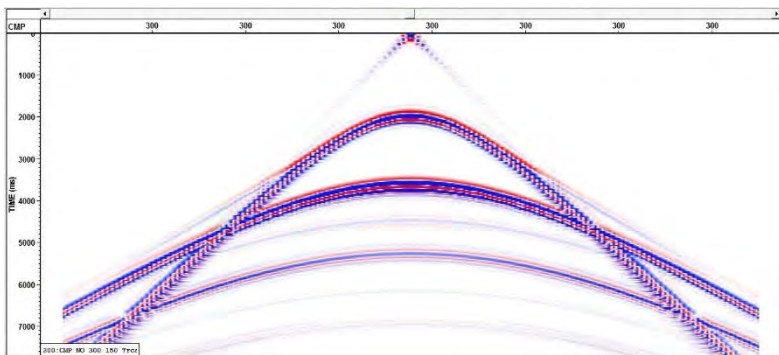
Gambar 4.2 Shot gather pada shot pertama.



Gambar 4.3 Shot gather pada shot ke-75.



Gambar 4.4 Shot gather pada shot ke-150.



Gambar 4.5 CMP gather 300 (tengah lintasan dengan *fold* terbanyak).

4.1.3 Pengolahan data seismik sederhana.

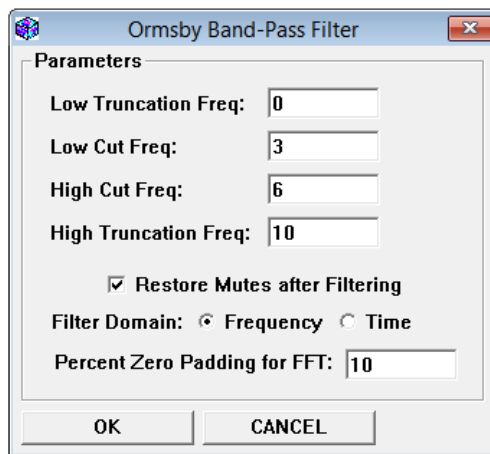
Pengolahan yang dilakukan untuk data sederhana hanya sampai tahapan dekonvolusi dengan rincian tahapan sebagai berikut.

4.1.3.1 Geometri

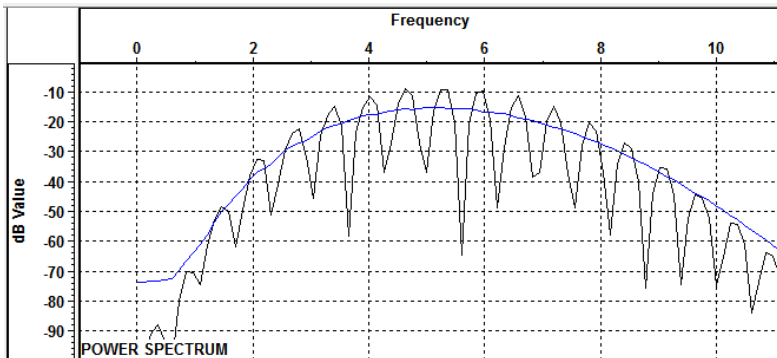
Tahapan geometri akan sama seperti pada model kompleks, hal ini dikarenakan desain akuisisi yang digunakan sama. Ketika data gather sudah memiliki identitas pada headernya, maka data bisa ditampilkan dalam CMP gather seperti pada Gambar 4.5.

4.1.3.2 Filtering

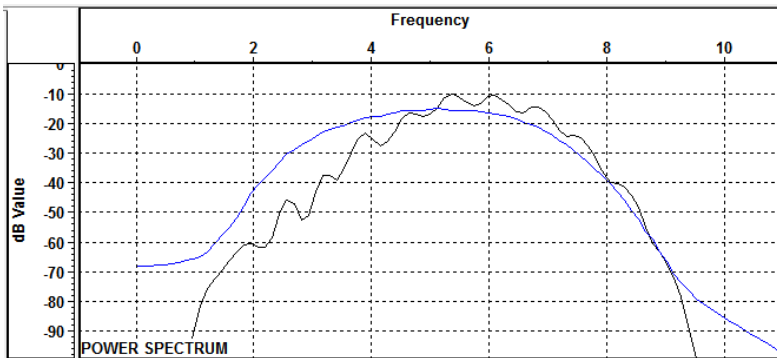
Filter yang digunakan adalah filter *band-pass* yang akan memotong sinyal tinggi dan rendah, dan juga meloloskan sinyal yang diinginkan. Sinyal yang dipotong diasumsikan adalah noise sehingga harus dibuang untuk meningkatkan kualitas data.



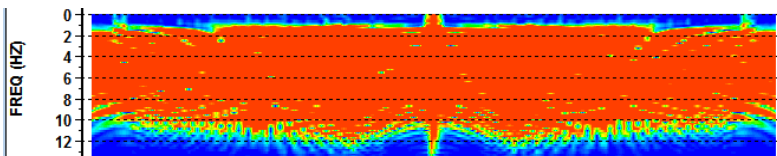
Gambar 4.6 Parameter untuk filter, terlihat sinyal yang digunakan merupakan sinyal rendah berdasarkan hasil analisa spektrum. Dengan nilai parameter diatas, maka sinyal yang akan diloloskan yaitu berkisar dari 1.5 Hz hingga 8 hz.



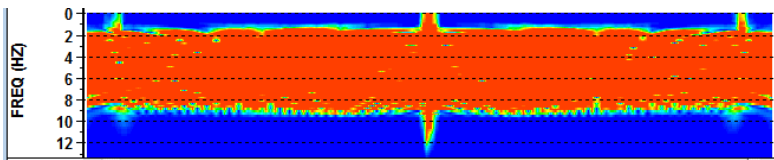
Gambar 4.7 Spektrum frekuensi sebelum dilakukan filter, garis biru adalah nilai rata - rata.



Gambar 4.8 Spektrum frekuensi setelah dilakukan filter, garis biru adalah nilai rata - rata.



Gambar 4.9 Sebaran frekuensi tiap trace seismic sebelum dilakukan filter pada CMP gather ke-300.

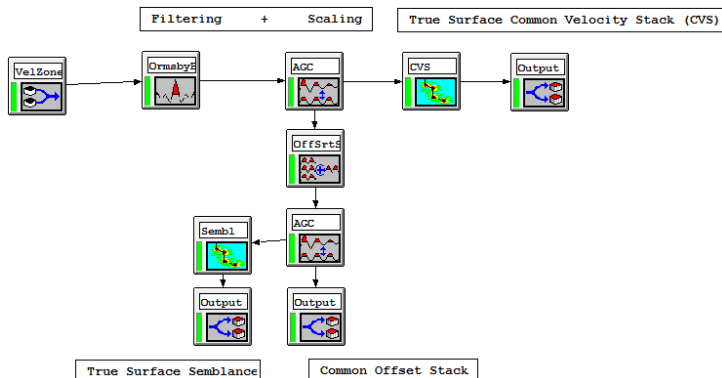


Gambar 4.10 Sebaran frekuensi tiap trace seismic setelah dilakukan filter pada CMP gather ke-300.

Terlihat pada Gambar 4.10, konten frekuensi yang digunakan sangatlah kecil berkisar 2 Hz hingga 8 Hz. Ini dikarenakan frekuensi yang diberikan pada shot yang kecil dan efek dari peredaman gelombang oleh batuan vulkanik.

4.1.3.3 Analisa Kecepatan

Data yang sudah diberikan filter kemudian dilakukan analisa kecepatan untuk *spherical divergence*. Data input adalah seismik *gather* yang telah di-filter kemudian disortir. CMP yang akan dilakukan picking adalah CMP ke-100 hingga CMP ke-600 dengan kelipatan 200 CMP. Berikut adalah alur yang digunakan untuk analisa kecepatan, data input kemudian dikeluarkan menjadi 3 data yaitu data cvs (*constant velocity stack*), *semblance*, dan *cmp gather*.

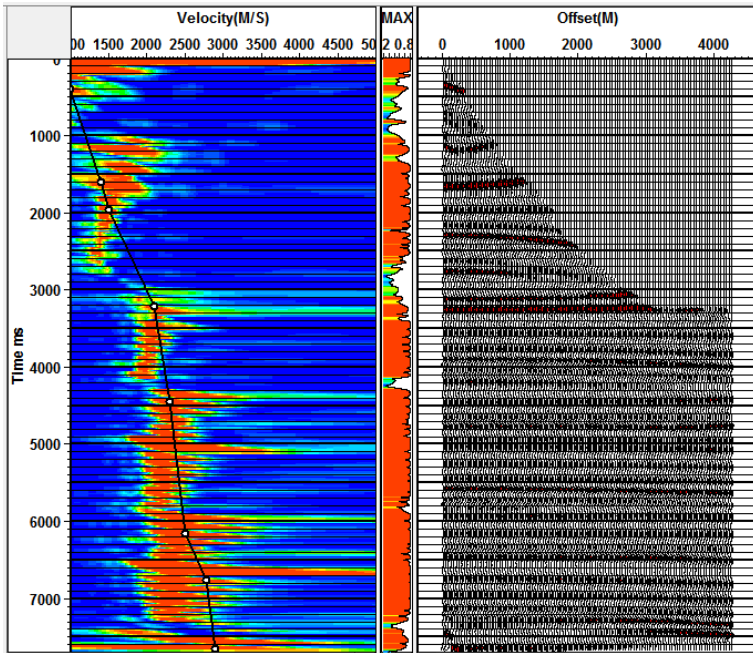


Gambar 4.11 Alur pada perangkat lunak untuk mengeluarkan data untuk selanjutnya dijadikan input pada analisa kecepatan.

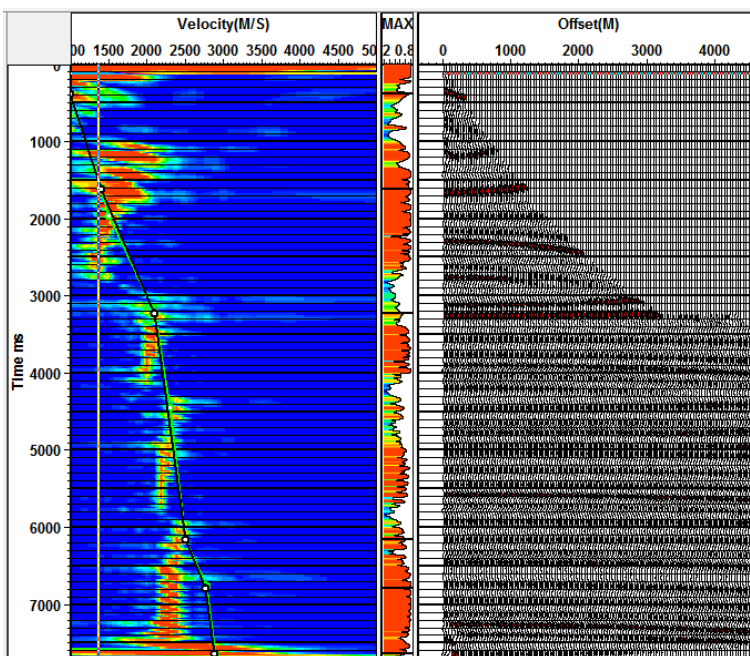
Prinsip dari analisa kecepatan adalah menentukan kecepatan yang paling pas pada *semblance* untuk meluruskan *cmp gather* disebelahnya. *Semblance* yang dipilih sewajarnya adalah *semblance* dengan nilai *probabilitas* yang tinggi ditandai dengan warnanya yang semakin pekat. Tetapi tidak selamanya harus seperti itu, kemudian karena pada *semblance* menggunakan

kecepatan RMS maka tidak boleh adanya hasil pick yang *reverse* atau lebih kecil dibandingkan hasil picking sebelumnya.

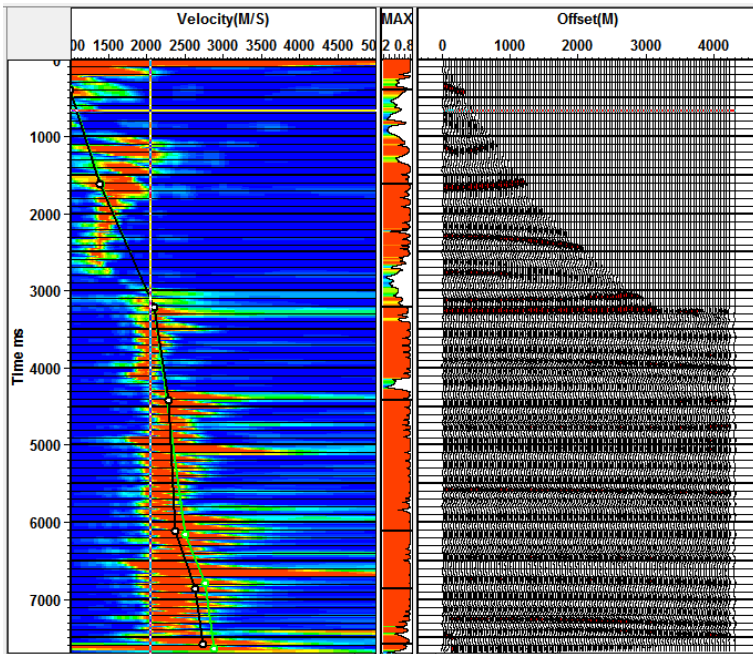
Keluaran dari analisa kecepatan adalah nilai kecepatan pada *cmp* dan *time* yang telah ditentukan. Disimpan dalam format *vel* dan akan digunakan untuk koreksi NMO.



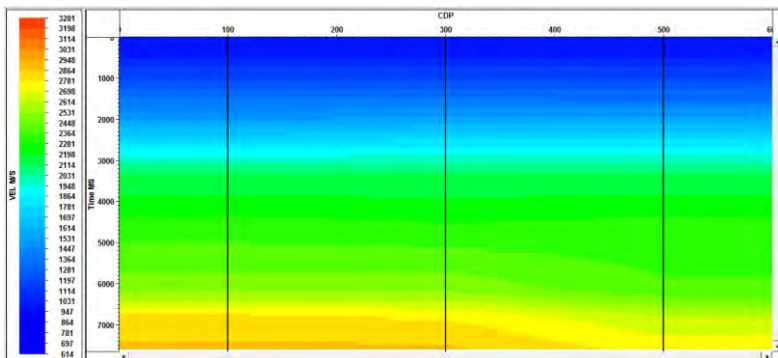
Gambar 4.12 Semblance dan CMP gather pada window analisa kecepatan. Data diatas merupakan CMP ke 100.



Gambar 4.13 *Semblance* dan *CMP gather* pada jendela analisa kecepatan. Data diatas merupakan *CMP* ke 300.



Gambar 4.14 Semblance dan CMP *gather* pada window analisa kecepatan. Data diatas merupakan CMP ke 500.

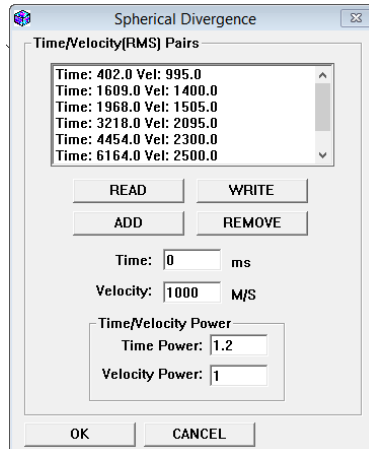


Gambar 4.15 Model kecepatan hasil analisa kecepatan. Garis hitam menunjukan CMP yang menjadi analisa yaitu CMP 100, 300, dan 500.

Gambar 4.15 menunjukkan model kecepatan yang telah di-*pick*. Dikarenakan model yang datar, maka model kecepatan yang dihasilkan juga datar dengan kenaikan kecepatan seiring dengan kedalaman.

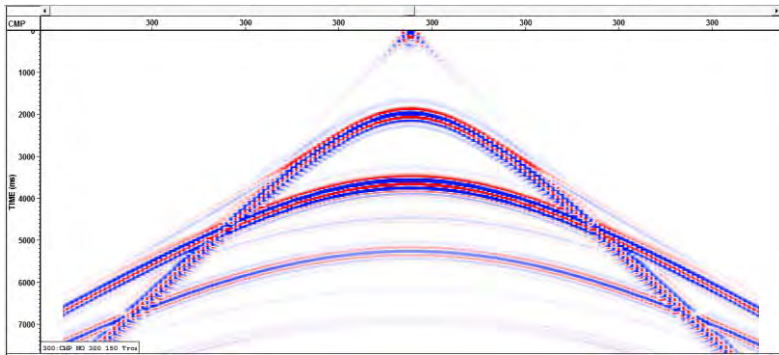
4.1.3.4 Koreksi *Spherical Divergence*

Hasil analisa kecepatan berupa koordinat CMP dan waktu dengan nilai kecepatan hasil *pick* pada titik tersebut menjadi parameter dalam koreksi *spherical divergence*. Berikut adalah jendela parameter yang digunakan.

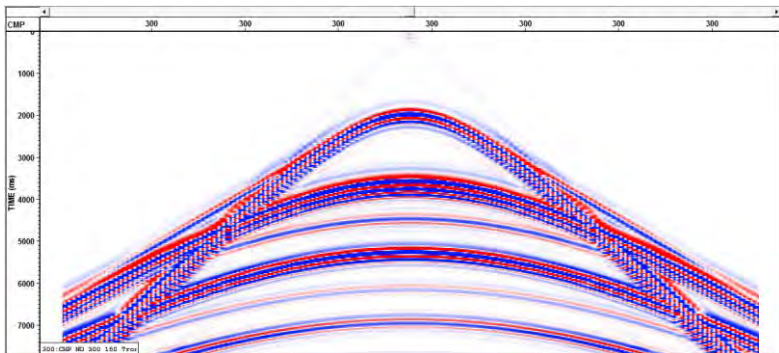


Gambar 4.16 Jendela parameter untuk koreksi *spherical divergence*.

Dapat dilihat pada Gambar 4.16 parameter input yang dibutuhkan berupa nilai kecepatan pada time tertentu. Parameter input lainnya adalah nilai *time/velocity power* yang akan membobotkan trace seismik sehingga dapat mengkoreksi amplitudo pada time yang besar. Digunakan time power 1.2 dan velocity power 1 berdasarkan referensi dan penampang seismik yang dihasilkan sudah dirasa cukup terkoreksi. Berikut perbandingannya.



Gambar 4.17 CMP *gather* sebelum diberikan koreksi *spherical divergence*.

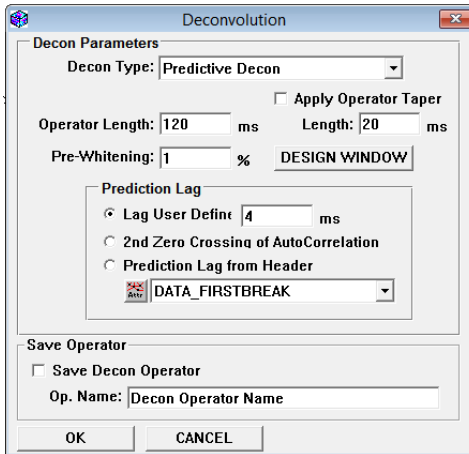


Gambar 4.18 CMP *gather* setelah diberikan koreksi *spherical divergence*.

Terlihat adanya penguatan amplitudo terutama pada *time* yang besar. Koreksi *spherical divergence* akan menjaga kualitas data tetap *preserve* karena membobotkan dengan konstanta di setiap trace pada domain *time* yang berbeda.

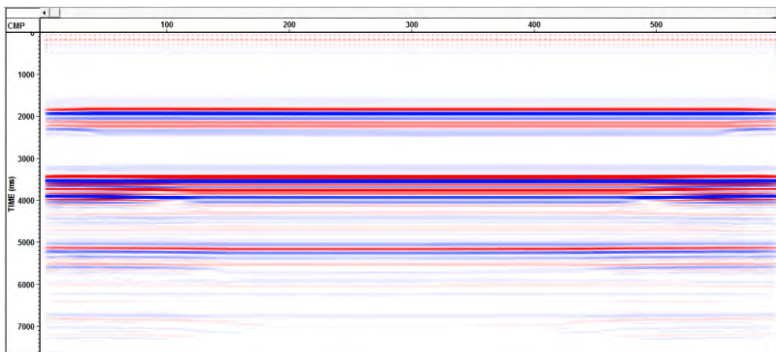
4.1.3.5 Dekonvolusi

Tahapan yang bertujuan untuk meningkatkan resolusi temporal dan mereduksi noise. Window parameter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan untuk hasil *stack* setelah dilakukan dekonvolusi dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan 4.21

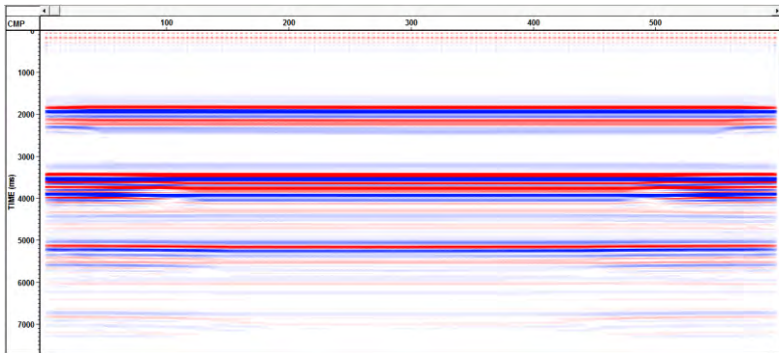


Gambar 4.19 Dekonvolusi yang digunakan adalah *predictive deconvolution* dengan inputan prediksi lebar gap dan operator length yang akan di potong.

Dilakukan dua variasi nilai gap dan *operator length* untuk melihat kualitas data yang dihasilkan. Disajikan dalam bentuk *seismic stack* untuk melihat perbedaan resolusi data.



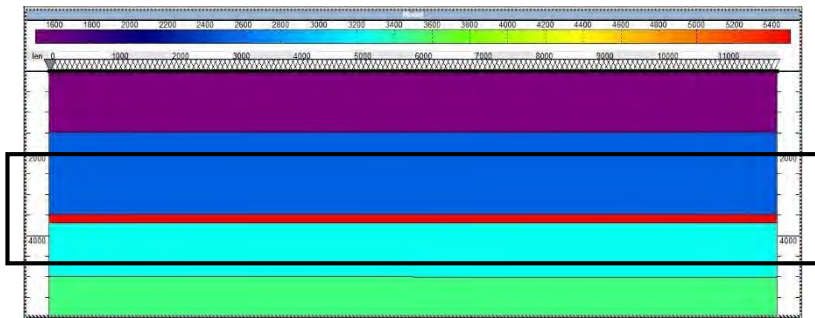
Gambar 4.20 Seismik *stack* setelah dilakukan dekonvolusi gap/operator length 4/120.



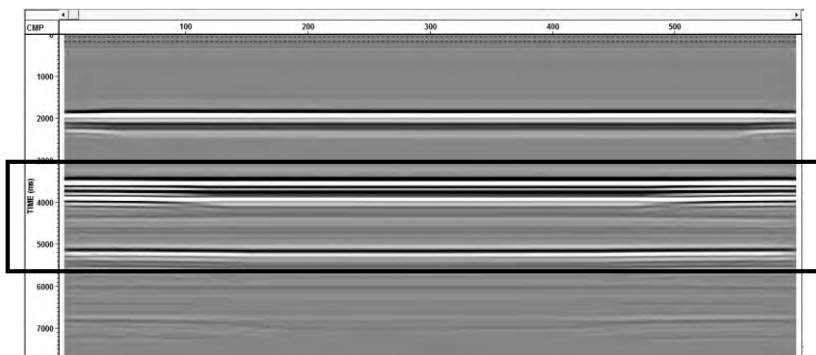
Gambar 4.21 Seismik *stack* setelah dilakukan dekonvolusi *gap/operator length* 8/100.

Terlihat dengan menggunakan parameter dekonvolusi 8/100 event – event *multiple* lebih jelas terlihat. Maka untuk analisa pada model sederhana akan menggunakan hasil *stack* dengan parameter dekonvolusi *gap/operator length* 8/100.

4.1.4 Analisa gelombang seismik pada model seismik sederhana



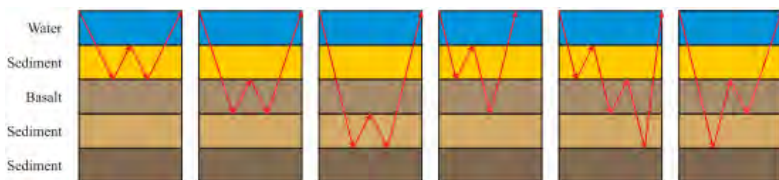
Gambar 4.22 Model geologi “Kue Lapis”.



Gambar 4.23 Hasil *stack* seismic model geologi “Kue Lapis”.

Pada gambar 4.23, kemenerusan amplitudo kuat dapat diasumsikan sebagai bidang perlapisan. Respon gelombang seismik pada bidang perlapisan 1 dan 2 terlihat normal dan kuat karena merupakan bidang perlapisan normal antara batuan pasir dan tidak memiliki kontras V_p yang besar. Tetapi ketika gelombang seismik merambat ke lapisan selanjutnya yaitu perlapisan antara batuan pasir dan basalt terlihat respon seismik yang terekam memiliki reduksi energi yang besar dapat dibuktikan dengan menipisnya warna kemenerusan amplitudo dibawah lapisan basalt yang memiliki dua lapisan batuan pasir. Hal ini dikarenakan ketika gelombang merambat melalui bidang perlapisan dengan kontras kecepatan (kontras impedan) yang besar akan meredam gelombang yang akan ditransmisikan dan cenderung meneruskan gelombang sehingga akan direfleksikan kembali sesuai dengan Hukum Fermat dimana gelombang selalu mencari waktu tercepat untuk merambat.

Selanjutnya dapat dilihat pula terjadinya banyak even *multiple* yang diakibatkan oleh terjebaknya gelombang seismik karena kontras kecepatan antara lapisan batuan pasir dibawah dengan lapisan basalt yang mengkovert diatasnya.



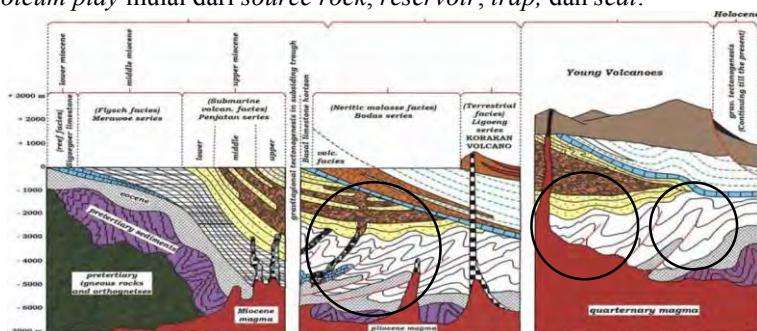
Gambar 4.24 Ilustrasi even *multiple* (Hannsen, 2002).

Event multiple sendiri akan banyak ditemui pada data seismik laut karena adanya kontras ketika gelombang menabrak batas antara air dan *sea bed*. Terlihat pada Gambar 4.24 gelombang yang direfleksikan akan kembali

ditransmisikan dan direfleksikan lagi, hal ini akan menyebabkan data yang terekam memiliki waktu tempuh yang besar dengan kecepatan yang rendah. Ketika ada even berulang pada time yang tidak sewajarnya maka dapat diasumsikan sebagai *multiple*. *Noise* ini dapat direduksi dengan berbagai macam filter yang sudah tersedia.

4.2 Model Geologi Kompleks

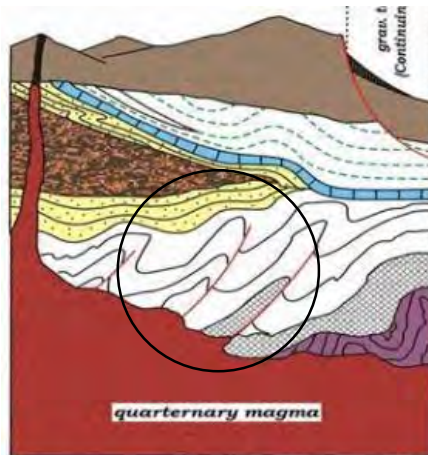
Model Geologi yang digunakan adalah hasil modifikasi dari penampang Geologi North Serayu Basin. Model geologi ini digunakan karena memiliki *petroleum play* mulai dari *source rock*, *reservoir*, *trap*, dan *seal*.



Gambar 4.25 Skema geologi pada tengah jawa menampilkan tipe *petroleum play* North Serayu, lingkaran hitam menunjukkan *toe thrust* yang merupakan jebakan hidrokarbon yang ditutupi oleh batuan vulkanik (van Bemmelen, 1949; Satyana and Armandita, 2004).

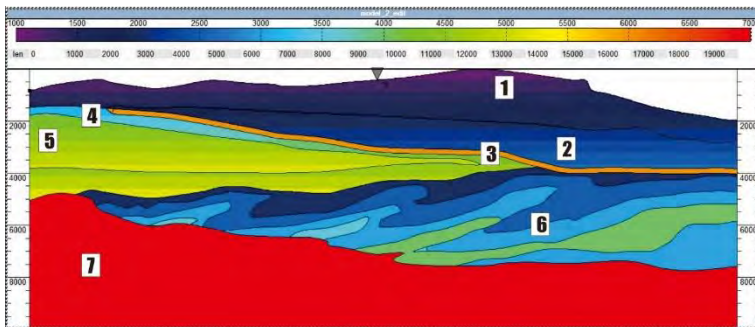
Terlihat adanya *uplift* pada South Serayu Range (bagian Selatan) dan Subsidence pada bagian North Serayu (Utara). Sedimen tebal terdepositkan ke arah North Serayu dan mengalami deformasi oleh gravitasi tektonik menjadi lapisan tipis berupa lipatan dan thrust belts. Kemudian lapisan sedimen ini ditutupi oleh lapisan volcanic-clastik yang tebal pada kurun waktu Neogene akhir hingga Pleistosen.

Dengan cerita geologi diatas maka dapat diasumsikan model ini memiliki cerita yang masuk akal mengenai kemungkinan adanya hidrokarbon pada lapisan sedimen tebal. Model yang digunakan adalah bagian tengah karena terdapat sedimen yang telah mengalami deformasi tektonik sehingga menjadi lipatan dan cocok sebagai reservoir hidrokarbon. Dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.26 Model North Serayu Basin yang akan digunakan sebagai model dasar (van Bemmelen, 1949; Satyana and Armandita, 2004).

Model diatas kemudian didigit sehingga didapatkan bentuk poligon pada setiap lapisan yang didefinisikan lalu diberikan properti fisis seperti kecepatan dan densitas pada perangkat lunak sehingga didapatkan model yang akan dilakukan *forward modelling*.



Gambar 4.27 Model “Serayu”, merupakan modifikasi dari skema North Serayu basin dan telah diberikan properti fisis di setiap lapisan yang didefinisikan.

Model diatas memiliki dimensi panjang 20 Km dengan kedalaman 10 Km, memiliki elevasi dengan rentang 0 meter hingga 1000 meter.

Tabel 4.3 Properti fisis model kompleks.

Lapisan ke	Tipe Lapisan	VP (m/s)	Densitas (kg/m ³)	Ketebalan (m)
1	Soil	1000 - 1800	1565	4000
2	Batuan Pasir	2000	2010	1000
3	Basalt	6000	2650	200
4	Fasies Vulkanik	3000 - 5000	2200	3400
5	Fasies Vulkanik	4000 - 5000	2350	2000
6	Sandstone	2000 - 3000	2200	3500
7	Basemen Vulkanik	7000	2970	3000

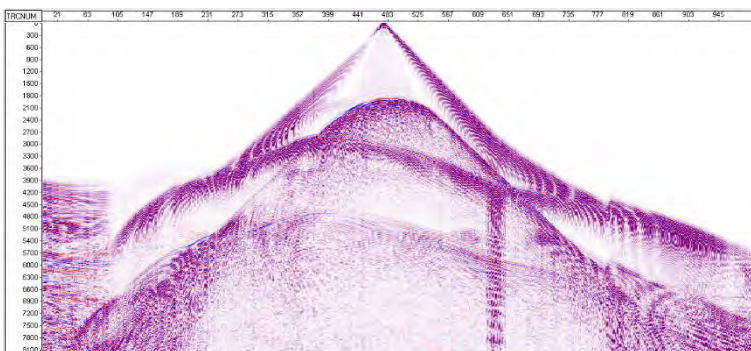
4.2.1 Desain Akuisisi

Setelah didapatkan model yang akan digunakan kemudian dilakukan desain akuisisi, hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang diinginkan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi seperti ketebalan lapisan, kedalaman lapisan target, dsb.

Untuk penentuan desain akuisisi dan parameter akuisisi dilakukan 4 kali test dengan merubah beberapa parameter sebagai berikut. Tiap test dilakukan 1 kali shot pada tengah model untuk melihat kualitas data, semua *test run* menggunakan model pada gambar 4.3 dengan panjang lintasan 20 Km.

Tabel 4.4 Parameter akuisisi Test Run 1.

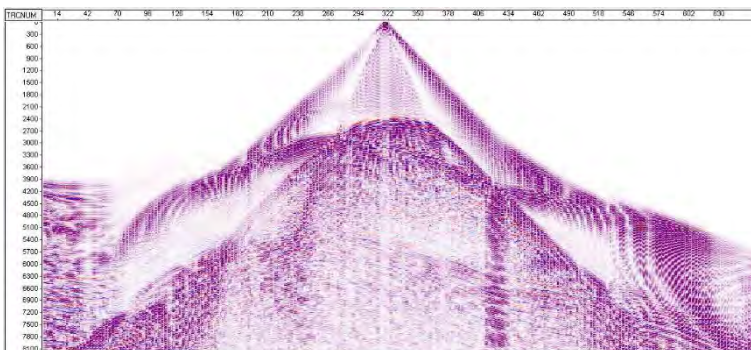
Grid 10 meter	Frekuensi 30 Hz
Shot Interval 40 m	Total Shot 501
Receiver Interval 20m	Total Receiver 1001



Gambar 4. 28 Hasil test run 1.

Tabel 4.5 Parameter akuisisi Test Run 2.

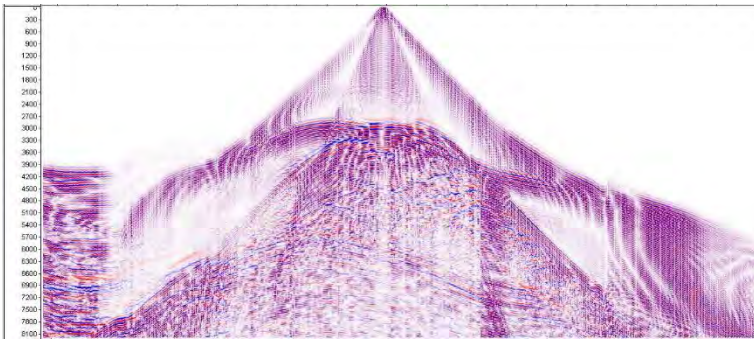
Grid 15 meter	Frekuensi 30 Hz
Shot Interval 60 m	Total Shot 175
Receiver Interval 30m	Total Receiver 661
Durasi 1 shot 26 menit	Estimasi full shot 72 jam.



Gambar 4.29 Hasil test run 2.

Tabel 4.6 Parameter akuisisi Test Run 3.

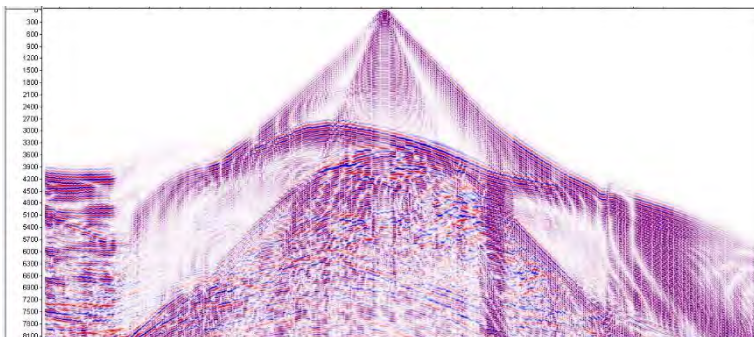
Grid 20 meter	Frekuensi 30 Hz
Shot Interval 80 m	Total Shot 131
Receiver Interval 40m	Total Receiver 500
Durasi 1 shot 14 menit	Estimasi full shot 30,5 jam.



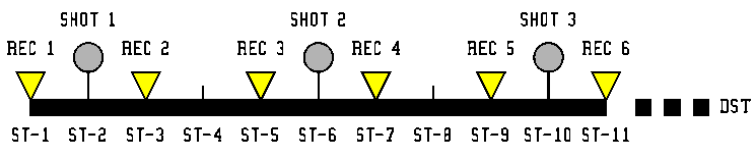
Gambar 4.30 Hasil test run 3.

Tabel 4.7 Parameter akuisisi Test Run 4.

Grid 25 meter	Frekuensi 30 Hz
Shot Interval 100 m	Total Shot 105
Receiver Interval 50m	Total Receiver 400
Durasi 1 shot 12 menit	Estimasi full shot 21 jam.



Gambar 4.31 Hasil test run 4.

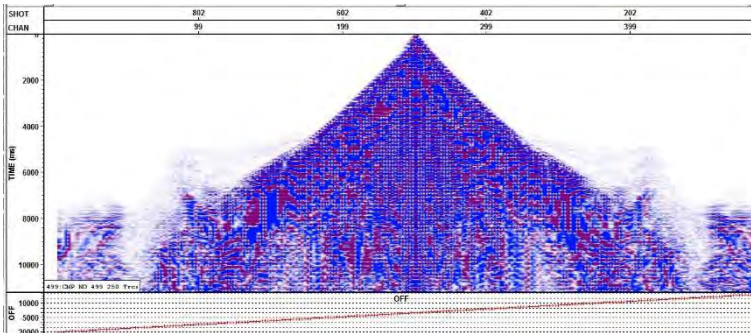


Gambar 4.32 Skema desain akuisisi yang digunakan. Menggunakan geophone active di sepanjang lintasan.

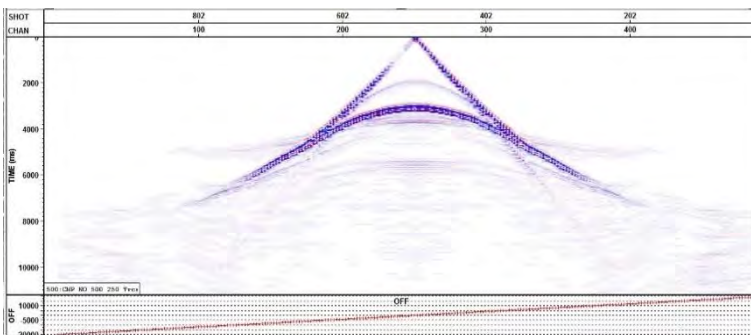
Desain akuisisi pada Gambar 4.32 adalah desain akuisisi yang digunakan dalam *forward modelling* pada pelaksanaan tugas akhir ini. Desain

tersebut didapatkan setelah mengkalkulasikan interval antara *geophone* dan *shot* dengan panjang model atau lintasan yang dimiliki yaitu 20 Km. Desain parameter yang digunakan adalah test run 3 pada tabel 4.7 dengan hasil jika dilakukan 1 kali shot dapat dilihat pada Gambar 4.30.

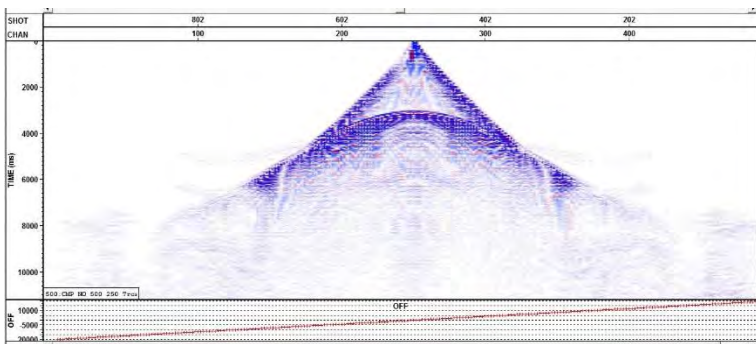
Setelah dilakukan *full shot* pada frekuensi 30 Hz dengan menggunakan desain parameter yang ditentukan, hasil data seismik ternyata tidak memiliki resolusi yang diinginkan dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 *Seismic Section* pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi *shot* sebesar 30 Hz. Terlihat minimnya even parabolik pada *far offset* yang dapat menyebabkan minimnya penggambaran pada even refleksi yang dalam.



Gambar 4.34 *Seismic Section* pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi *shot* sebesar 5 Hz.



Gambar 4.35 *Seismic Section* pada cmp 500 dengan menggunakan frekuensi *shot* sebesar 10 Hz.

Pemilihan frekuensi *shot* harus memperhatikan berbagai faktor, jika frekuensi yang diberikan tinggi maka akan memberikan energi yang besar yang berakibat amplitudo yang terekam akan besar, hal ini bagus tetapi pemilihan frekuensi yang tinggi memiliki resiko pendeknya panjang gelombang sehingga sulit untuk melakukan penetrasi pada lapisan yang dalam. Sebaliknya, frekuensi rendah memiliki panjang gelombang yang lebih panjang sehingga dapat melakukan penetrasi pada lapisan dalam. Dengan pertimbangan itu dan melihat hasil pemodelan pada Gambar 4.33, 4.34, dan 4.35 maka dipilih frekuensi yang akan digunakan sebesar 5 Hz.

4.2.2 Pengolahan Data Seismik

Setelah dilakukan *full shot* menggunakan parameter yang telah ditentukan maka telah didapatkan data seismik sintetik yang siap untuk diolah. Tahapan pengolahan telah ditentukan pada bab 3.

4.2.2.1 Geometri

Tahapan ini akan memberikan label pada data seismik yang didefinisikan pada *trace – trace* seismik. Hal ini dilakukan karena pengolahan data memerlukan tipe – tipe *sorting* yang berbeda seperti *cmp gather*, *receiver gather*, dsb. Sedangkan data yang terekam pada lapangan biasanya dalam *shot gather*. Geometri juga akan memberikan identitas terhadap *trace – trace* seismik tersebut sehingga dapat dilakukan pengolahan untuk meningkatkan resolusi data.

RECORD #	FIELD #	SHOT #	FIRST CHAN#	LAST CHAN#	BEFORE GAP FROM	BEFORE GAP TO	AFTER GAP FROM	AFTER GAP TO	SHOT BULK	SHOT DEPTH	SHOT UPHOLE	SHOT ELEV	SHOT X-COORD	SHOT Y-COORD
DEF.INCR	1	1.00	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1[501]	1	2.00	1	1001	1.00	1.00	3.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	152.000	20.000	0.000
2[501]	2	6.00	1	1001	1.00	5.00	7.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	184.000	100.000	0.000
3[501]	3	10.00	1	1001	1.00	9.00	11.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	214.000	180.000	0.000
4[501]	4	14.00	1	1001	1.00	13.00	15.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	244.000	260.000	0.000
5[501]	5	18.00	1	1001	1.00	17.00	19.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	274.000	340.000	0.000
6[501]	6	22.00	1	1001	1.00	21.00	23.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	300.000	420.000	0.000
7[501]	7	26.00	1	1001	1.00	25.00	27.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	326.000	500.000	0.000
8[501]	8	30.00	1	1001	1.00	29.00	31.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	350.000	580.000	0.000
9[501]	9	34.00	1	1001	1.00	33.00	35.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	371.000	660.000	0.000
10[501]	10	38.00	1	1001	1.00	37.00	39.00	1001.00	0.000	0.000	0.000	391.000	740.000	0.000

Gambar 4.36 Cuplikan tabel *Shot Spread – Sheet* yang berisikan informasi yang diperlukan untuk memberikan identitas pada bagian shot (*source*).

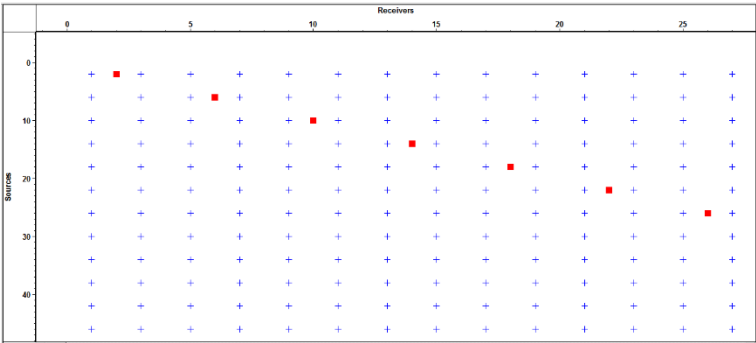
Pada Gambar 4.36 terdapat beberapa bagian yang diperlukan untuk mengaitkan antara *shot* dengan *geophone*. Pada pengolahan ini mendefinisikan bahwa pada saat akuisisi terdapat stasiun dengan jarak 20 m. Stasiun ini kemudian diisi oleh *shot* dan *receiver* pada *interval* yang ditentukan, dapat dilihat pada Gambar 4.4. Oleh karena itu pada bagian *shot* berisikan nomor stasiun yang diisi oleh titik shot yaitu 2, 6, 10, dst. Dikarenakan akuisisi yang digunakan menggunakan *geophone* aktif sepanjang lintasan maka setiap *shot* memiliki *first channel* dan *last channel* yang sama yaitu 1 dan 1001. *Before gap* adalah stasiun pertama pada setiap shot, *before gap to* adalah stasiun tepat sebelum *shot* tersebut, *before gap from* adalah stasiun tepat setelah shot tersebut dan *after gap to* adalah stasiun terakhir. *Shot bulk* dan *shot depth* dikosongkan karena pada akuisisi posisi shot berada pada permukaan. *Shot elevation* merupakan posisi ketinggian shot tersebut dan *shot coordinate* adalah koordinat shot.

Pada akuisisi ini menggunakan data sintetik sehingga posisi *shot* direayasa menjadi 1 lintasan lurus dengan koordinat 0 menjadi titik awal dan koordinat 20000 pada titik akhir. Karena *shot* dimulai pada jarak 20 meter maka dicantumkan koordinat 20 pada shot 1. Kontrol kualitas pada tahapan ini adalah jumlah *receiver* yang terdefiniskan pada tiap *shot*, dapat dilihat pada kolom paling kiri yang berisikan nomor shot dan jumlah receiver yang terdefiniskan. *Geophone* yang digunakan berjumlah 501 buah dan cocok pada nilai yang tertera.

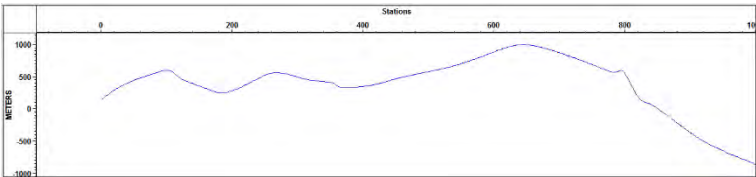
RECORD #	RECEIVE #	DEA STN	STN BULK	WEATH. VELOCITY	REPL. VELOCITY	FLOATING DATUM	STN ELEV	STN X-COORD	STN Y-COORD
DEF.INCR	1.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1[40.00]	1.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	144.000	0.000	0.000
2[40.00]	3.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	160.000	40.000	0.000
3[40.00]	5.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	176.000	80.000	0.000
4[40.00]	7.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	191.000	120.000	0.000
5[40.00]	9.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	207.000	160.000	0.000
6[40.00]	11.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	222.000	200.000	0.000
7[40.00]	13.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	237.000	240.000	0.000
8[40.00]	15.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	252.000	280.000	0.000
9[40.00]	17.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	266.000	320.000	0.000
10[40.00]	19.00	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000	0.000	280.000	360.000	0.000

Gambar 4.37 Cuplikan tabel *Receiver Spread – Sheet* yang berisikan informasi tiap *geophone*.

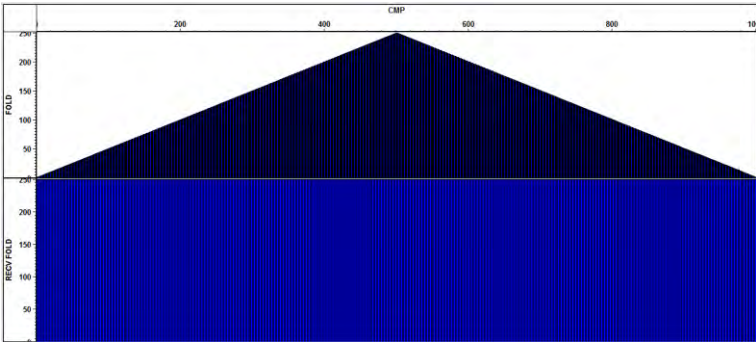
Sama seperti pada tabel *Shot Spread – Sheet*, Gambar 4.8 akan memberikan identitas pada geophone sesuai nomor stasiun dan koordinat pertama pada 0 dengan kenaikan 40 yaitu interval *geophone* sebesar 40 meter.



Gambar 4.38 *Stacking chart* dari konfigurasi akuisisi, dapat dibandingkan dengan Gambar 4.32. Kotak merah adalah *shot* dan tanda plus adalah *geophone*.



Gambar 4.39 Elevasi posisi *shot* dan *receiver* yang telah diinput.

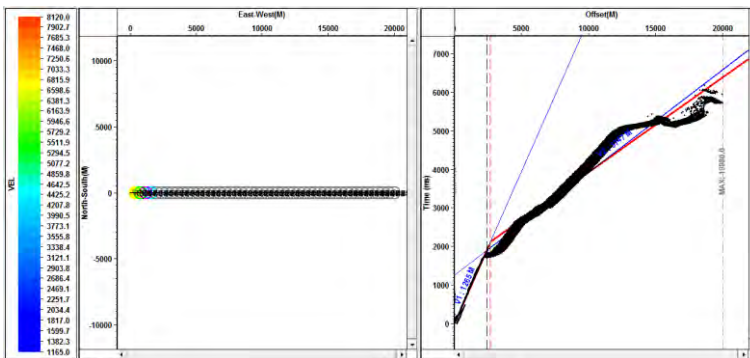


Gambar 4.40 *Fold coverage* dengan *fold* terbesar 250 pada *cmp* 500.

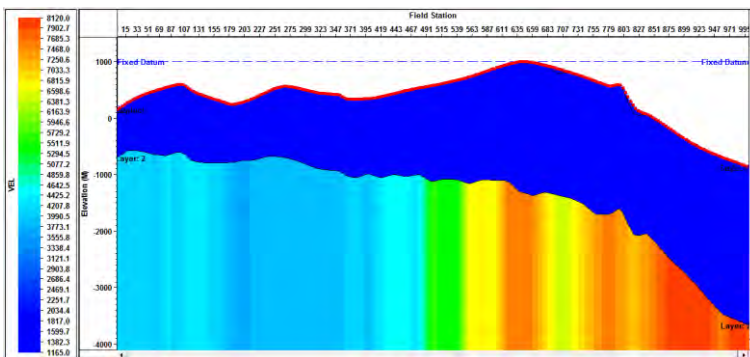
4.2.2.2 Koreksi Statik

Tahapan ini dilakukan dikarenakan adanya pengaruh topografi dengan variasi 0 meter hingga 1000 meter. Koreksi statik dilakukan untuk memindahkan posisi shot dan receiver dalam level (datum) yang sama sehingga dapat meminimalisi *delay time* yang terekam akibat topografi maupun *weathering layer*.

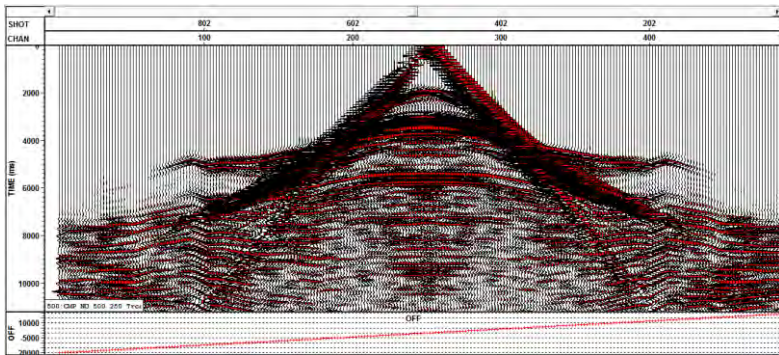
Koreksi statik dimulai dengan *picking first break*, yaitu event seismik yang pertama kali terekam pada geophone. Koreksi statik ini menggunakan *fixed datum* pada elevasi tertinggi yaitu 1000 meter.



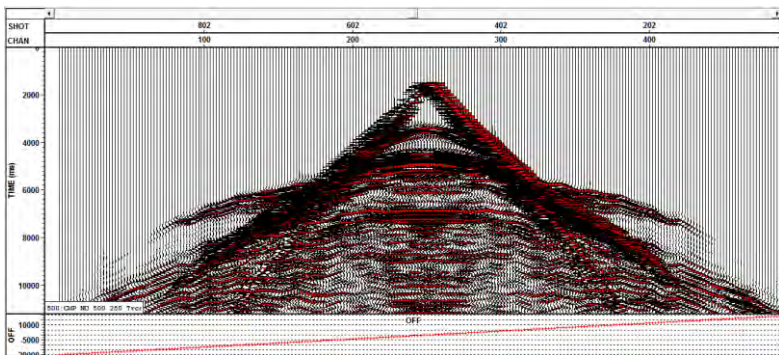
Gambar 4.41 Window kiri merupakan control point dan window kanan adalah kumpulan *first break*.



Gambar 4.42 Statik model hasil *picking velocity* (Gambar 4.41 bagian kanan).



Gambar 4.43 CMP *gather* 500 sebelum dilakukan koreksi statik.



Gambar 4.44 CMP *gather* 500 setelah dilakukan koreksi statik.

Pada Gambar 4.43 dan 4.44 terlihat adanya pergeseran waktu yang besar akibat koreksi statik. Pergeseran ini akan terlihat pada *gather* karena yang akan dikoreksi adalah waktu tempuh dari masing – masing *trace* seismik.

4.2.2.3 *Pre-Conditioning*

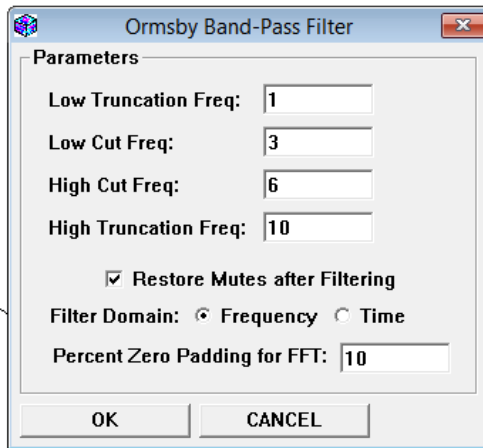
Tahapan ini bertujuan untuk mempersiapkan data sebelum dilakukan analisa kecepatan dengan tujuan untuk mereduksi *noise* dan berusaha untuk meningkatkan kualitas data dengan tahapan sebagai berikut:

4.2.2.3.1 *Filtering*

Data yang terekam pada geophone bukanlah 100% sinyal yang memiliki informasi, pengaruh lingkungan, alat, dan perbedaan property fisis batuan dapat menimbulkan *noise* – *noise* yang tidak diinginkan. Tahapan

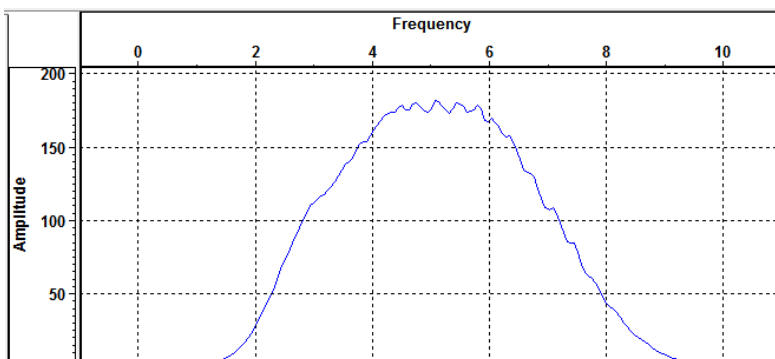
filtering akan berusaha untuk mereduksi noise – noise tersebut. Penggunaan filter awal adalah filter ormsby yang akan memotong frekuensi rendah dan tinggi sesuai parameter dan meloloskan frekuensi yang dianggap sebagai sinyal.

Penentuan parameter dapat menggunakan analisa spectrum distribusi frekuensi dan amplitude.

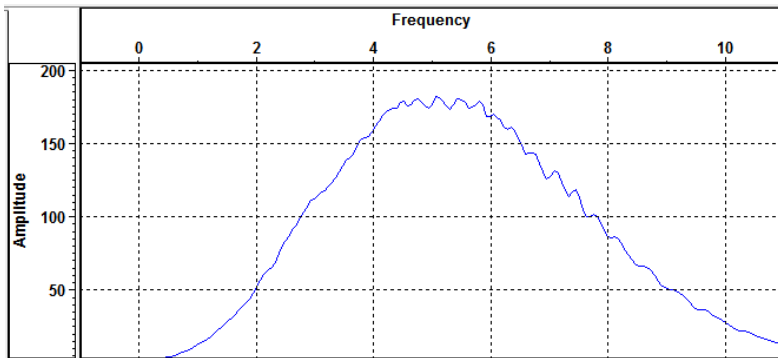


Gambar 4.45 Parameter filter yang digunakan.

Terlihat pada Gambar 4.45 parameter yang digunakan akan meloloskan frekuensi pada rentang 2 Hz hingga 8 Hz lalu frekuensi dibawah 2 Hz dan diatas 8 Hz akan dipotong. Untuk melihat perbedaannya dapat dilakukan analisa spektrum seperti gambar dibawah.



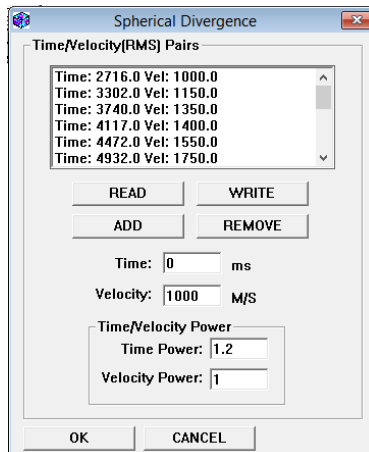
Gambar 4.46 Spektrum frekuensi sebelum dilakukan filter.



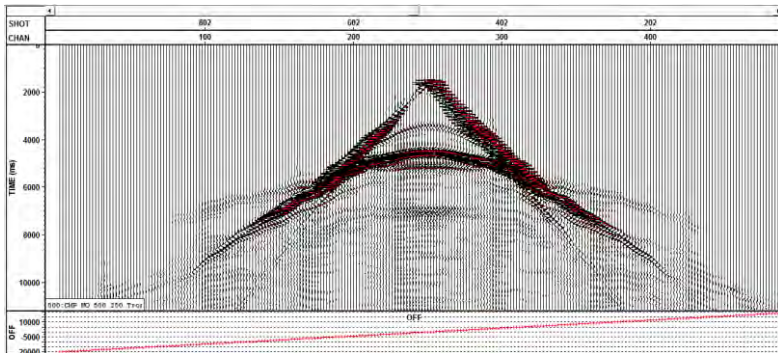
Gambar 4.47 Spektrum frekuensi setelah dilakukan filter.

4.2.2.3.2 Spherical Divergence

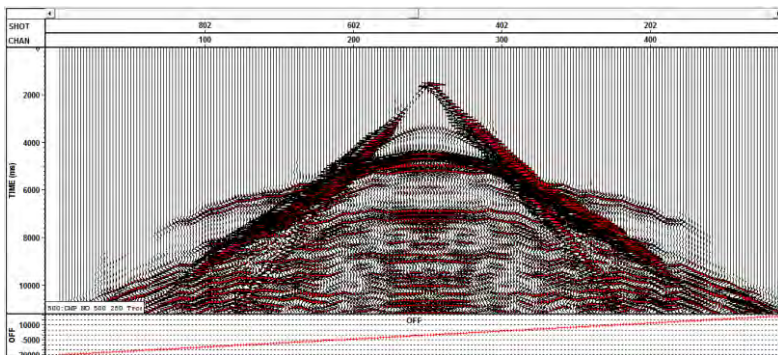
Energi gelombang ketika merambat pada lapisan dangkal akan berbeda jika dibandingkan dengan lapisan yang dalam dikarenakan pola perambatan gelombang yang berupa *spheric* dan akibat adanya peredaman gelombang. Peluruhan energi tersebut akan berusaha dikembalikan dengan menggunakan *spherical divergence*.



Gambar 4.48 Parameter *spherical divergence* yang digunakan.



Gambar 4.49 CMP *gather* 500 sebelum dilakukan koreksi *spherical divergence*, data setelah dilakukan filter.

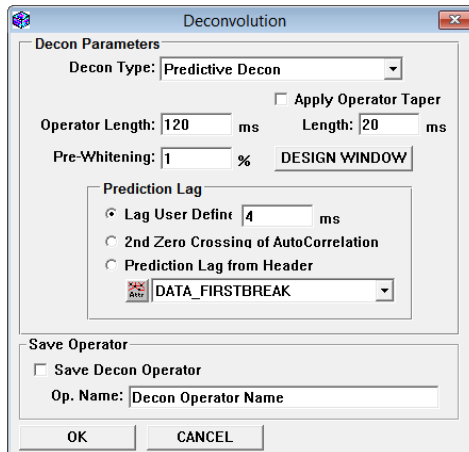


Gambar 4.50 CMP *gather* 500 setelah dilakukan koreksi *spherical divergence*.

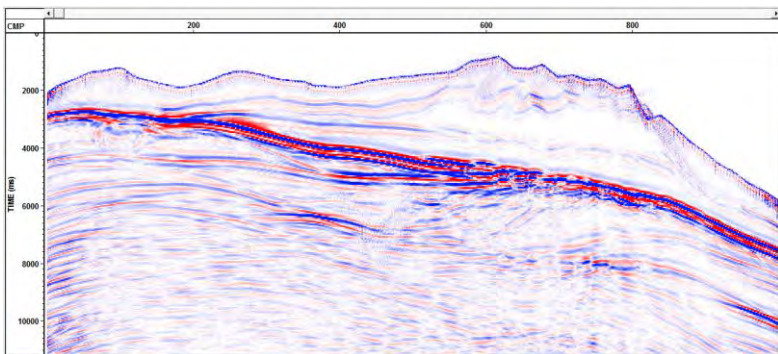
Bahan masukan dari koreksi *spherical divergence* adalah nilai kecepatan di posisi CMP dan time hasil analisa kecepatan awal. Data masukan tersebut kemudian dikalkulasikan sehingga didapatkan nilai yang cocok untuk menguatkan amplitudo pada time besar dan mengurangi amplitudo pada time dangkal sehingga persebaran energi dapat dianggap merata. Terlihat pada Gambar 4.49 dan 4.50 terjadi penguatan amplitudo pada time besar.

4.2.2.3.3 Dekonvolusi

Proses pembalikan data seismik yang merupakan hasil konvolusi antara wavelet seismik dengan koefisien reaktifitas batuan dengan tujuan untuk mengurangi *noise* dan meningkatkan resolusi data.



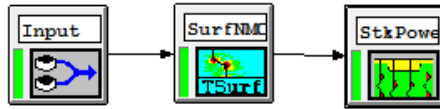
Gambar 4.51 Parameter dekonvolusi dengan menggunakan *predictive deconvolution*. Lag 4 ms dengan operator length 80 ms.



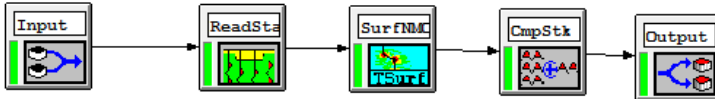
Gambar 4.52 Hasil *stack* seismik setelah dilakukan dekonvolusi *gap / operator length 4 / 80*.

4.2.2.4 *Residual Statik 1 dan 2*

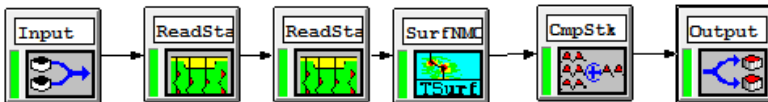
Proses ini akan mengkoreksi kembali statik yang belum terkoreksi, jika pada tahapan awal koreksi statik menggunakan data *first break* maka pada tahapan ini menggunakan data setelah dilakukan koreksi NMO.



Gambar 4.53 Alur yang digunakan untuk mengeluarkan nilai residual statik yang disimpan dalam format srs.



Gambar 4.54 Alur yang digunakan untuk residual statik 1, data inputan srs dimasukkan kedalam modul readstat.



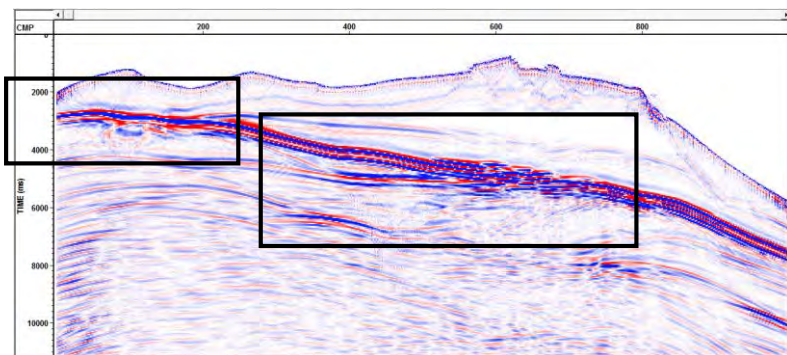
Gambar 4.55 Alur yang digunakan untuk residual statik 2. Data inputan srs dimasukkan 2 kali, pertama adalah srs hasil residual statik 1 dan yang kedua adalah hasil residual statik 2.

Pada tahapan residual statik, untuk mengeluarkan nilai *stack power* yang kemudian disimpan dalam file srs harus dilakukan analisa kecepatan. Hasil analisa kecepatan tersebut digunakan untuk koreksi NMO.

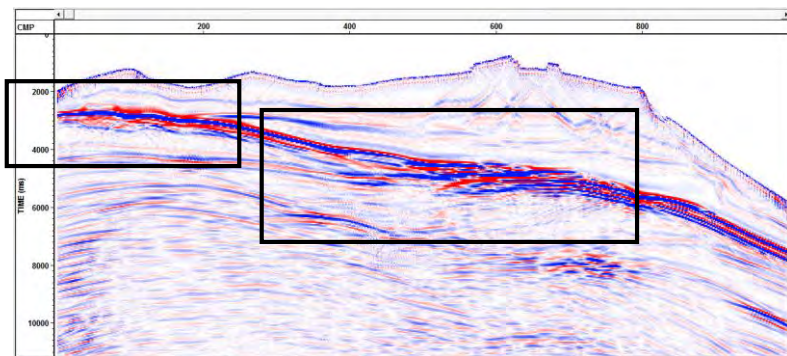
Secara garis besar, tahapan yang digunakan dalam koreksi residual statik adalah data input (hasil dekonvolusi) kemudian dilakukan NMO Lalu dikeluarkan nilai srs (Gambar 4.53) dan selanjutnya dimasukkan ke dalam data dengan menggunakan modul readstat (Gambar 4.54). Hasil data tersebut dikeluarkan dalam bentuk *stack*.

Untuk residual statik 2, dilakukan lagi analisa kecepatan dengan menggunakan data yang telah dilakukan residual statik 1, hasil analisa kecepatan tersebut digunakan untuk NMO dan mengeluarkan *stack power* untuk residual statik 2. Pada Gambar 4.55 digunakan 2 kali modul *read stat* dikarenakan data input adalah data hasil dekonvolusi sehingga langsung dilakukan 2 kali residual statik.

Pada Gambar 4.56 dan 4.57 dapat dilihat perbedaan hasil residual statik 1 dan 2. Residual statik 2 lebih mendefinisikan reflektor kuat secara rapih pada kotak hitam.



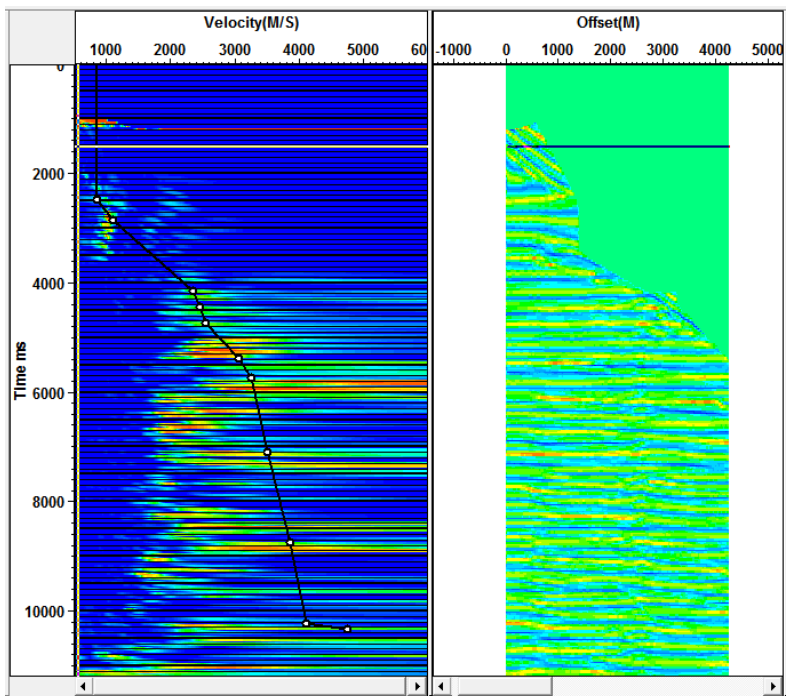
Gambar 4.56 *Stack* seismik hasil residual statik 1.



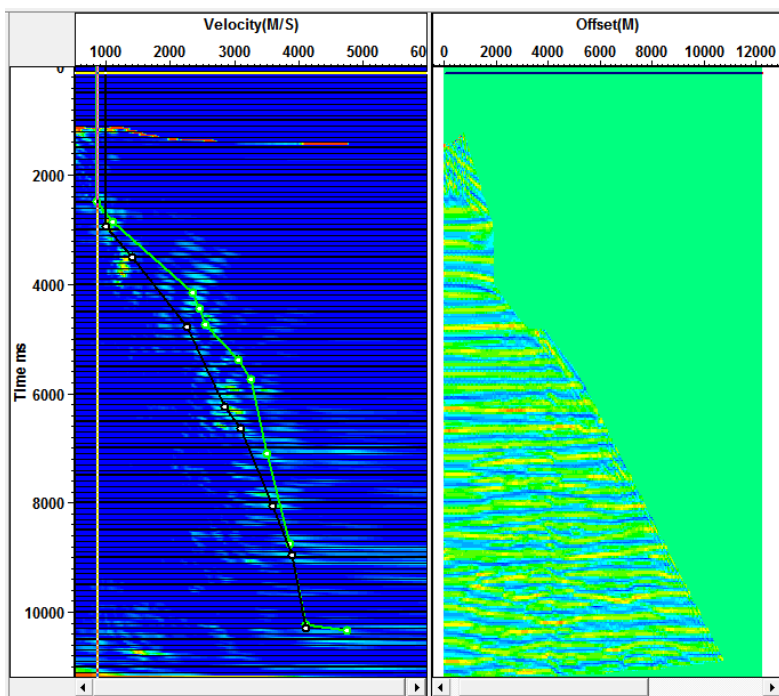
Gambar 4.57 *Stack* seismik hasil residual statik 2.

4.2.2.5 *Analisa Kecepatan*

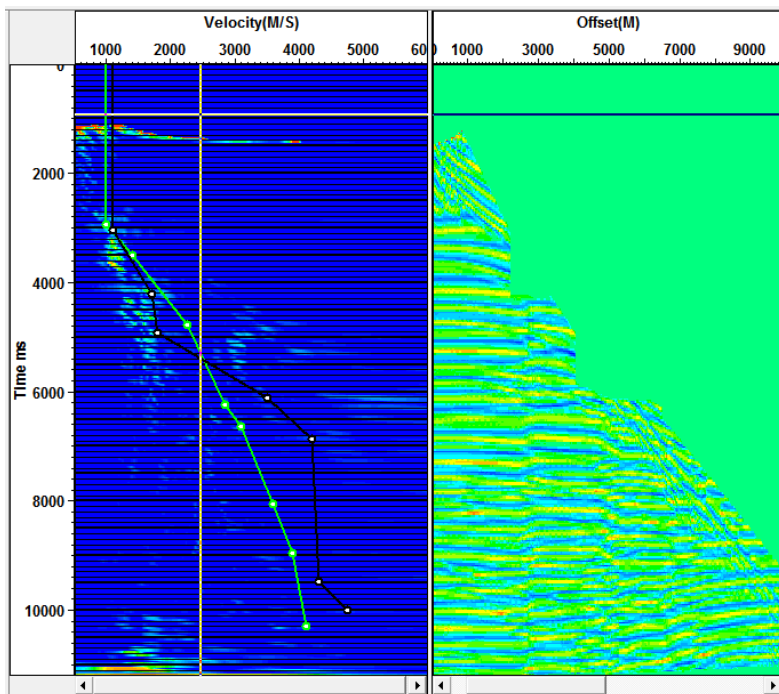
Proses ini akan mensimulasikan data *gather* ketika diberikan variasi kecepatan, kecepatan yang telah di-*pick* akan disimpan dalam file dengan ekstensi *vel* bertujuan untuk menghilangkan efek *offset* dengan menggunakan koreksi *Normal Moveout*. Gambar 4.58 sampai dengan Gambar 4.62 merupakan penampang *semblance* dan *cmp gather* pada masing – masing *cmp* yang telah ditentukan untuk dilakukan analisa kecepatan. Gambar yang ditampilkan merupakan analisa kecepatan terakhir yang digunakan untuk residual statik 2.



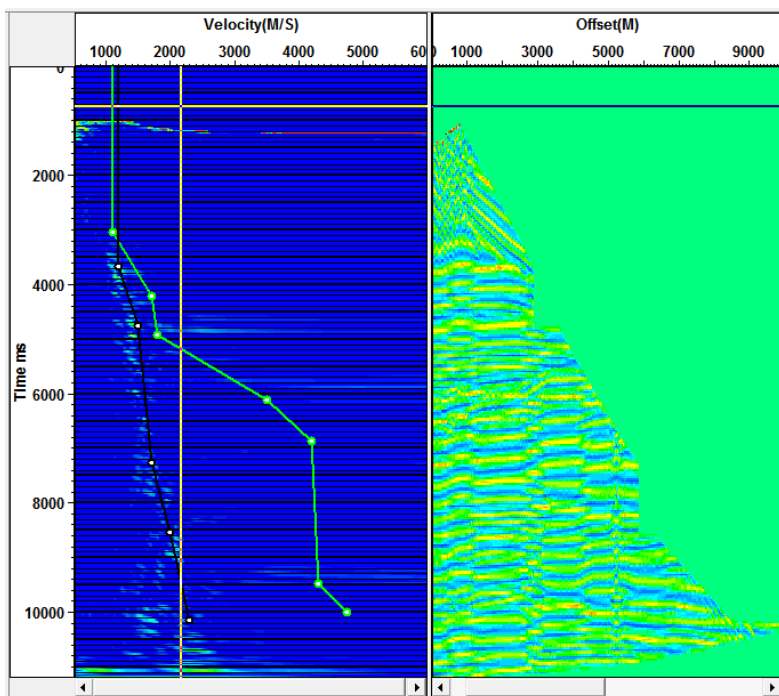
Gambar 4.58 *Semblance* dan *CMP gather* pada *CMP 100*.



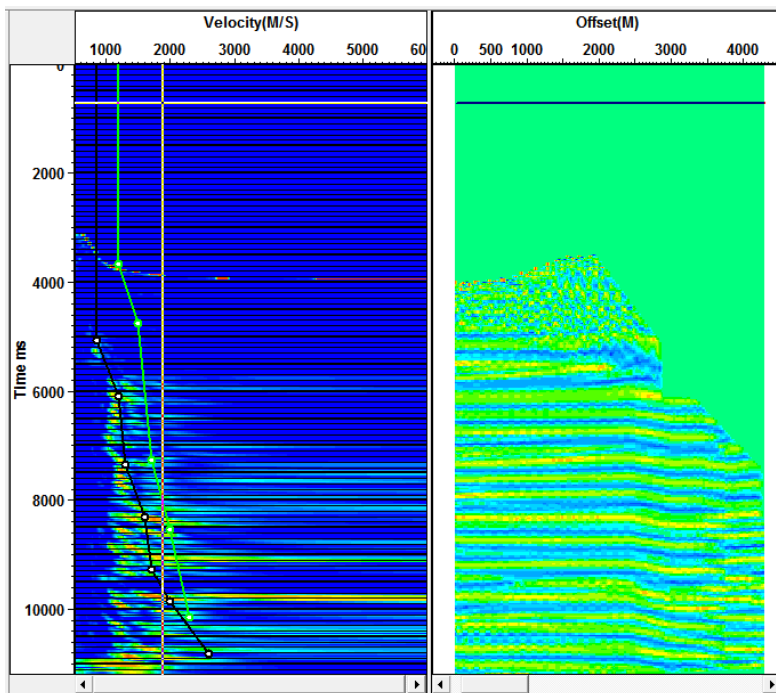
Gambar 4.59 *Semblance* dan *CMP gather* pada CMP 300.



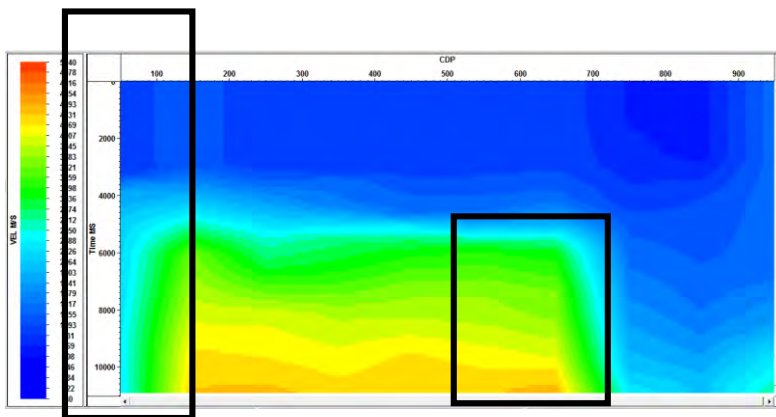
Gambar 4.60 *Semblance* dan *CMP gather* pada CMP 500.



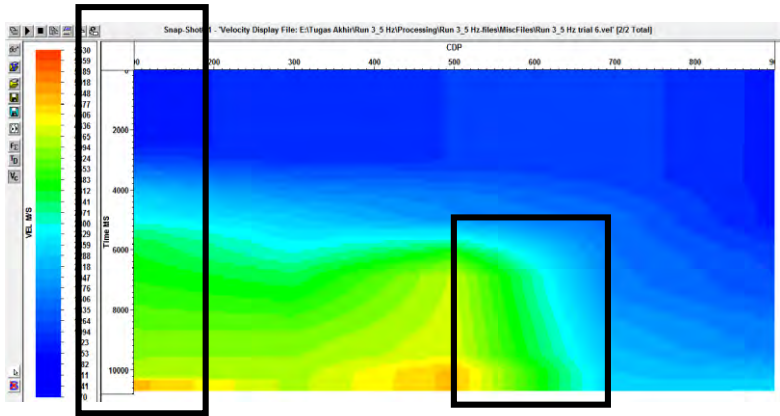
Gambar 4.61 *Semblance* dan *CMP gather* pada CMP 700.



Gambar 4.62 *Semblance* dan *CMP gather* pada CMP 900.



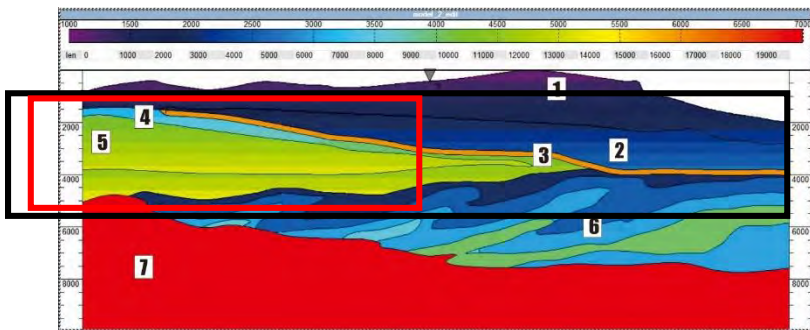
Gambar 4.63 Model kecepatan untuk residual statik 1.



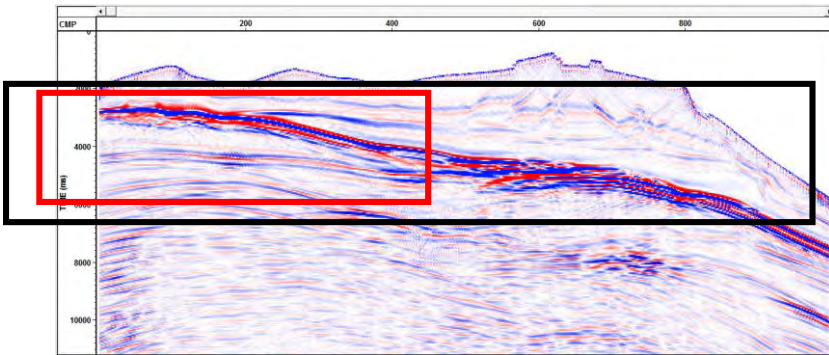
Gambar 4.64 Model kecepatan untuk residual statik 2.

Gambar 4.63 dan 4.64 menggambarkan adanya perbedaan kecepatan pada kotak hitam, hal ini bias diakarenakan adanya pergeseran waktu sehingga *trace* seismik berpindah posisi ke posisi yang mendekati sebenarnya dan ketika dilakukan analisa menjadi hilang atau berubah tempat.

4.2.3 Analisa gelombang seismik pada model seismik kompleks.



Gambar 4.65 Model Serayu yang akan dibandingkan dengan hasil penampang seismik.



Gambar 4.66 Hasil penampang seismik hasil residual statik 2.

Gambar 4.66 disandingkan untuk dilihat perbedaannya, model “Serayu” pada Gambar 4.65 merupakan model yang akan didekati dengan menggunakan pemodelan seismik dan direkonstruksi ulang menggunakan pengolahan data seismik yang ditampilkan pada Gambar 4.66. Kemenerusan reflektor kuat pada Gambar 4.66 pada kotak hitam diasumsikan sebagai batas antara lapisan batuan pasir bagian atas dengan lapisan basalt dikarenakan memiliki kemenerusan yang mirip dengan model. Sehingga diasumsikan reflektor kuat pada Gambar 4.66 adalah lapisan basalt.

Selanjutnya terlihat reflektor yang membentuk lapisan sama seperti vulkanik facies (ditunjukkan dengan kotak merah) dan batas antara vulkanik facies dengan batuan dasar (batuan beku ditunjukkan dengan nomor 7). Disamping kedua fenomena tersebut, pada lapisan target tidak terlihat adanya reflektor yang mirip dengan zona *thrusi*. Hal ini disebabkan ketidakmampuan gelombang seismik untuk melakukan penetrasi melewati lapisan basalt tersebut. Sama seperti pada model “Kue Lapis” gelombang seismik cenderung diteruskan pada lapisan basalt dikarenakan perbedaan kecepatan yang sangat kontras mengikuti hukum Fermat bahwa gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan tersingkat waktu penjarannya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Rentang sinyal frekuensi yang terekam sebesar 2 Hz – 6 Hz sangat kecil dikarenakan diperlukan panjang gelombang yang besar sehingga diharapkan mampu melewati lapisan basalt yang memiliki ketebalan 200 m.
2. Terdapat fenomena *multiple* pada kedua model dilihat dari respon sesimik dibawah lapisan basalt dan teredamnya gelombang dikarenakan kontras kecepatan yang besar.
3. Elevasi menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas data dikarenakan posisi *shot* dan *receiver* yang tidak sama pada seluruh lintasan. Diperlukan koreksi statik yang baik untuk meminimalisir efek tersebut.
4. Pemodelan seismik baik digunakan untuk mendesain survey pada lingkungan vulkanik untuk mengetahui hasil perekaman dan sebagai bahan uji kualitas data bila memiliki informasi geologi pada lapangan survey.

5.2 Saran

1. Pengolahan data yang dilakukan tidak dapat disamakan dengan pengolahan data pada kondisi secara umum (lapisan sedimen) seperti yang digunakan dalam penelitian ini. Diperlukan perlakuan khusus diakarenakan frekuensi yang digunakan sangat kecil.
2. Pemodelan gelombang sesimik dapat di lakukan pada sifat medium lain yang lebih kompleks sehingga menghasilkan simulasi gelombang seismik yang mendekati kondisi asli di lapangan misalnya pada medium elastik isotropik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bronto, S. 2006. Fasies Gunung Api dan Aplikasinya. Bandung. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006 59-71.
- Hakim, N. 2007. Simulasi gelombang seismik untuk model sesar dan lipatan pada medium akustik dan elastik isotropik. Bandung. Program Studi Teknik Geofisika ITB.
- Hannsen, P. 2002. *The Influence of Basalt Layer on Seismic Wave Propagation*. Departement of Geology and Geophysics, University of Edinburgh.
- Holford, S.P., N. Schofield, J.D. Macdonald, I.R. Duddy, and P.F. Green, 2012, Seismic Analysis of Igneous Systems in Sedimentary Basins and Their Impacts on Hydrocarbon Prospectivity: examples from the southern Australian margin: The APPEA Journal, v. 52, p. 52.
- Jackson, Christopher A.L., 2013, *The Impact of Igneous Intrusions and Extrusions on Hydrocarbon Prospectivity in Extensional Settings: A 3D Seismic Perspective*, Search and Discovery Article #41168, Department of Earth Science and Engineering, Imperial College, London, UK.
- Klarner, Sabine & Olaf K., 2013, *Identification of Paleo-Volcanic Rocks on Seismic Data*, PGS Reservoir & Klarenco, Germany.
- Klarner, Sabine & Olaf K., 2013, *Identification of Paleo-Volcanic Rocks on Seismic Data*, PGS Reservoir & Klarenco, Germany.
- Prakoso, P. 2009. Migrasi data seismik 3D menggunakan metode *Kirchoff Pre-Stack Depth Migration* (Kirchoff PSDM) pada lapangan Nirmala cekungan Jawa Barat bagian Utara. 2009. Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia.
- Rateau, R., Schofield, N. & Smith, M., 2013, *The Potential Role of Igneous Intrusions on Hydrocarbon Migration*, West of Shetland, Petroleum Geoscience, in press.
- Rohrman, M., 2007, *Prospectivity of Volcanic Basins*; trap delineation and acreage de-risking: AAPG Bulletin, v. 91/6, p. 915-939.

Satyana, A.H., 2015, *Subvolcanic Hydrocarbon Prospectivity of Java: Opportunities and Challenges*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 39th Annual Convention and Exhibition, Jakarta, May 2015.

Taib, M.I.T., 2002, Seismik Refraksi, Jurusan Teknik Geofisika, ITB.

Virieux, J., 1986, *Wave Propagation in Heterogeneous Media: Velocity-stress Finite Difference Method*: Geophysics, 51, 901.

DAFTAR ISTILAH

Geometri	Memberi “identitas” pada setiap <i>trace</i> di tiap <i>shot point</i> dan <i>receiver</i> .
<i>True Amplitude Recovery</i>	Mengembalikan amplitudo seismik yang berkurang karena efek divergensi <i>spheric</i> dan penyerapan oleh karena sifat inelastisitas batuan.
Koreksi Statik	Koreksi statik adalah proses pengolahan data seismik untuk menggeser waktu tiap <i>trace</i> seismik yang bergeser akibat lapisan lapuk di permukaan bumi atau akibat perbedaan topografi sumber dan <i>receiver</i> .
CMP (<i>Common Mid-Point</i>)	CDP (<i>Common Deep Point</i>) atau CMP (<i>Common Mid Point</i>) adalah istilah dalam pengambilan data seismik untuk konfigurasi sumber-penerima dimana terdapat satu titik tetap dibawah permukaan bumi. Untuk kasus reflektor horizontal (tidak miring) CDP kadang-kadang dikenal juga dengan CMP (<i>Common Mid Point</i>).
Analisa Kecepatan	Analisa kecepatan adalah upaya untuk memprediksi kecepatan gelombang seismik sampai kedalaman tertentu. Analisa kecepatan dilakukan didalam proses pengolahan data seismik pada data CMP (<i>Common Mid Point</i>) <i>gather</i> . Informasi kecepatan dari analisa kecepatan digunakan untuk koreksi NMO (<i>Normal Move Out</i>).
Koreksi NMO (<i>Normal Move Out</i>)	Koreksi untuk menghilangkan pengaruh jarak terhadap waktu perambatan gelombang.
<i>Stack</i>	<i>Stacking</i> adalah proses menjumlahkan <i>trace-trace</i> seismik dalam satu CDP setelah koreksi NMO (<i>Normal Move Out</i>). Proses <i>stacking</i> memberikan keuntungan untuk meningkatkan rasio sinyal terhadap <i>noise</i> (rasio S/N).
Residual Statik	Mengoreksi ulang pengaruh statik setelah dilakukan koreksi NMO.
<i>Stack</i> Residual Statik	<i>Stack</i> setelah analisa kecepatan dan telah diberikan koreksi statik.
Migrasi	Migrasi adalah suatu proses untuk memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya

berdasarkan perambatan gelombang. Proses migrasi dilakukan pada data seismik dengan tujuan untuk mengembalikan reflektor yang memiliki kemiringan ke posisi pantul 'aslinya' serta untuk menghilangkan efek difraksi akibat sesar, *salt dome*, dll.

BIODATA PENULIS



Muhammad Ghazalli lahir di Jakarta, 19 Mei 1994 merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di TK Islam Amaryllis, SD Islam Amaryllis (2001 – 2006), SMPN 9 Jakarta (2006 – 2009), dan SMAN 39 Jakarta (2009 – 2012). Penulis masuk di Jurusan Teknik Geofisika ITS pada tahun 2012. Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS penulis mendapatkan banyak pengalaman berorganisasi, dimulai dari menjadi Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (2014-2015) dan menjadi ketua Divisi Internal Student Chapter SEG (*Society of Exploration Geophysics*) ITS (2014 – 2015). Beberapa kali mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti *Integrated Petroleum Exploration and Exploitation* (IPEE 2015) sebuah acara workshop selama 5 hari dengan mengundang ahli pada bidang eksplorasi dan eksploitasi migas, menjadi ketua acara kuliah tamu oleh SEG ITS dengan bekerja sama dengan HAGI (Himpunan Ahli Geofisika Indonesia) pada tahun 2014 dengan topik *Reservoir Characterization for Hydrocarbon Identification*, menjadi panitia *Petroleum Integrated Days* (Petroliada 2014) sebuah acara perlombaan di bidang migas dengan skala nasional dan menjadi panitia 7th SEAPEX-AAPG (2012) acara konferensi kepemimpinan tahunan yang diselenggarakan oleh AAPG ITS dengan skala nasional. Penulis pernah mempublikasikan paper pada *Indonesian Petroleum Association Convention and Exhibition* ke 39 (IPA Convex 39th2015) dengan membawa judul *Evaluation of Seismic Exploration in Sub-Volcanic Reservoir Area by Synthetic Seismic Modelling* dan berhasil memperoleh penghargaan sebagai poster terbaik pada seksi pelajar. Sempat mengikuti lomba IUGC (*Indonesian Undergraduate Geophysics Competition*) (2015) dengan sub-lomba cerdas cermat interpretasi dan berhasil masuk ke 9 besar. Memiliki pengalaman kerja di PT. Elnusa Tbk (2015) dengan tema Pengolahan Data Seismik Darat 2d ITS 2015 menggunakan *software* Geocluster dan Green Mountain Geophysics, lalu kemah kerja pada Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (2015) dengan melakukan 4 metode geofisika (seismik refleksi dan refraksi, *microearthquake*, geolistrik *resistivity* 1D dan 2D dan pengamatan geologi, melakukan kuliah lapangan Karang Sambung (2014) dan melakukan *ground truth* pada area gunung Ijen (2013) untuk studi awal pengembangan